

Sommaire

Liste des principaux acronymes	XI
Introduction	XIII
Synthèse et recommandations	1
Synthèse	3
Recommandations.....	57
Analyse	87
I – Définitions, épidémiologie et troubles associés	89
1. Questions préalables et terminologie.....	91
2. Épidémiologie : prévalence et facteurs de risque	115
3. Troubles associés.....	135
4. Motricité et langage.....	171
II – Impacts sur les activités, la participation et la qualité de vie	183
5. Impacts sur les activités quotidiennes, la participation et la qualité de vie	185
6. Liens entre TDC et activités physiques	207
7. Impacts sur l'écriture manuscrite	219
III – Déficiences, mécanismes et modèles explicatifs	233
8. Cognition	235
9. Contrôle sensorimoteur	283
10. Neuro-imagerie : des apports encore limités à la compréhension du TDC.....	313
11. Pistes génétiques	327

IV – Repérage, évaluation et diagnostic	335
12. Repérage et démarche diagnostique	337
13. Évaluation des déficiences au regard de la clinique	355
14. Principaux outils d'évaluation retrouvés dans la démarche diagnostique	373
V – Interventions et remédiations	423
15. Interventions	425
16. Remédiation de l'écriture manuscrite	475
17. Prise en charge médicamenteuse	487
VI – Politiques du handicap, acteurs de la prise en charge et insertion scolaire	495
18. Personnes présentant un TDC en France au prisme des politiques du handicap et de leur mise en œuvre par les MDPH	497
19. Quelle division du travail, entre professionnels et profanes, autour des personnes présentant un TDC ?	509
20. Enfants présentant un TDC à l'école : entre situations de handicap et souci de compensation ?	531
Communications	549
Évaluation de la perception visuo-spatiale élémentaire par le test de perception visuo-spatiale élémentaire (PVSE) chez l'enfant présentant un TDC	551
Vers l'école inclusive	567
Le point de vue des associations Dyspraxie France Dys et Dyspraxique Mais Fantastique	579
Les témoignages de professionnels	595
Annexes	621

Liste des principaux acronymes

AVQ : activité de la vie quotidienne

AVS : auxiliaire de vie scolaire

AESH : accompagnant des élèves en situation de handicap

BOTMP : *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency*

CIF : classification internationale du fonctionnement, du handicap et de santé

CDAPH : commission des droits et de l'autonomie des personnes handicapées

CIF-EA : classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé - version pour enfants et adolescents

CO-OP : *Cognitive Orientation to Occupational Performance*

DSM : *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*

EACD : *European Academy of Childhood Disability*

IRM : imagerie par résonance magnétique

MABC : *Movement Assessment Battery for Children*

MDPH : maison départementale des personnes handicapées

NP-MOT : batterie d'évaluations des fonctions neuro-psychomotrices de l'enfant

PAP : plan d'accompagnement personnalisé

PPS : projet personnalisé de scolarisation

QDV : qualité de vie

TAC : trouble de l'acquisition de la coordination

TDA/H : trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité

TDC : trouble développemental de la coordination

TSLO : troubles spécifiques du langage oral

Introduction

Le trouble développemental de la coordination (TDC), ou dyspraxie, est un trouble fréquent qui repose sur des diagnostics indiquant la présence chez l'enfant d'un trouble développemental se manifestant principalement dans des habiletés gestuelles, et se traduisant souvent par des difficultés d'apprentissage à l'école ainsi que par des limitations dans d'autres activités de la vie quotidienne que ce soit à la maison ou par exemple dans les activités extra scolaires sportives ou manuelles (la personne est jugée lente, maladroite, peu habile).

Les terminologies « TDC » et « dyspraxie » recouvrent une grande hétérogénéité (en termes de sévérité mais aussi de forme du trouble), tant au niveau des déficiences et compétences fonctionnelles que des répercussions sur les activités et la participation. À cette hétérogénéité s'ajoutent des associations fréquentes avec d'autres troubles, comme le trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H), les troubles des apprentissages (dysgraphie, dyscalculie, dyslexie, dysorthographe), les troubles du langage, etc.

À partir de cette complexité, l'enjeu est d'établir pour chaque individu une prise en charge (sanitaire, médicale) et un accompagnement (éducatif, social, etc.) personnalisés et performants. Ce qui suppose notamment un diagnostic précis et un parcours de santé adapté pour favoriser l'autonomie, l'inclusion et la qualité de vie de ces personnes.

Les connaissances scientifiques sur le TDC ou la dyspraxie sont en pleine expansion et apportent de précieuses informations pour mieux comprendre ce trouble. Elles restent néanmoins encore limitées, souffrant de certaines faiblesses méthodologiques, et apparaissent lacunaires sur divers enjeux posés par ce trouble.

Le terme de « dyspraxie », plus précisément « dyspraxie de développement », n'apparaissant plus dans les classifications internationales, nous privilégierons, tout au long de l'expertise, l'usage du terme « TDC », reconnu internationalement et plus fréquemment employé dans les articles identifiés. Précisons que ce choix renvoie à un usage scientifique alors que l'utilisation du terme « dyspraxie » renvoie à un usage majoritairement dans le champ social (professionnels de santé, associations de familles, etc.).

L'objectif principal de cette expertise, réalisée à la demande de la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (CNSA), est de réunir et d'analyser les connaissances issues des recherches internationales et pluridisciplinaires sur le TDC afin d'émettre des recommandations d'actions et de recherches qui pourront contribuer à l'amélioration de l'accompagnement des personnes concernées, dans la perspective d'une meilleure prise en charge, scolarisation, participation sociale et d'un meilleur bien-être de ces personnes et de leur entourage.

Pour mener à bien notre objectif, les étapes préparatoires ont consisté à recenser la littérature scientifique internationale sur le sujet et à constituer un corpus bibliographique ainsi qu'à élaborer un programme scientifique. Sur cette base, le groupe d'experts pluridisciplinaire a ensuite procédé à l'analyse de la littérature identifiée et s'est mis d'accord collégialement sur les principaux résultats qui en sont ressortis ainsi que sur les recommandations qui en découlent.

Pour plus de détails sur le processus d'expertise collective et sur la constitution du corpus bibliographique, se reporter respectivement aux annexes 1 et 2.

Les résultats de ce travail collectif sont présentés dans cet ouvrage.

Y figurent tout d'abord la synthèse des résultats ainsi que les recommandations émises par le groupe. Les différents chapitres d'analyses sont ensuite présentés. Enfin, les communications issues des auditions menées avec des acteurs extérieurs au groupe sont rapportées.

Synthèse

et recommandations

rapport-gratuit.com

Synthèse

I. TERMINOLOGIES ET CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA LITTÉRATURE

TDC, dyspraxie : vers une équivalence des deux termes recouvrant une grande hétérogénéité

Une évolution historique qui tend vers une appellation TDC associée aux critères du DSM

Différents termes ont été et sont toujours utilisés pour désigner les troubles de la motricité intentionnelle (maladresse, apraxie développementale, dyspraxie, dyspraxie de développement, trouble spécifique du développement moteur, trouble de l'acquisition de la coordination, trouble développemental de la coordination, etc.). La question de savoir s'ils désignent les mêmes réalités cliniques est toujours l'objet de débats. Les variations terminologiques proviennent tout à la fois des usages présents dans les différentes professions et disciplines qui s'y intéressent, de leur appropriation par la société et de particularités régionales comme l'utilisation, notamment en Suède, du terme de Déficit en attention, contrôle moteur et perception (DAMP), mais également de l'évolution des connaissances et des idées.

Dès 1994, les 43 experts internationaux de la conférence de consensus de Londres choisissent, et recommandent, le terme *Developmental Coordination Disorder* (DCD) et les critères du *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, quatrième édition (DSM-IV) dans un souci d'harmonisation et de lisibilité internationale et afin de faciliter la communication entre les différents acteurs (chercheurs et praticiens). Une telle proposition n'est pas établie sur des preuves scientifiques, ni cliniques, mais correspond à une volonté d'harmoniser les définitions et les critères diagnostiques, les pratiques et les écrits relatifs à ce sujet. À noter que ce terme anglais (DCD) a été traduit par trouble développemental de la coordination dans la dernière version française du *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM-5,

APA, 2015)², remplaçant ainsi le terme de trouble de l'acquisition de la coordination (TAC) traduction utilisée dans les versions françaises des éditions précédentes. Ce changement de terminologie permet de se rapprocher de l'anglais qui comprend la notion de développement et non plus celle d'acquisition qui peut porter à confusion. Dans la version du DSM publiée en 2013 (DSM-5)³, le trouble développemental de la coordination se situe dans la sous-catégorie des troubles moteurs qui font partie de la catégorie plus générale des troubles neuro-développementaux. Les critères diagnostiques du DSM-5 (APA, 2015 pour la traduction française) sont les suivants :

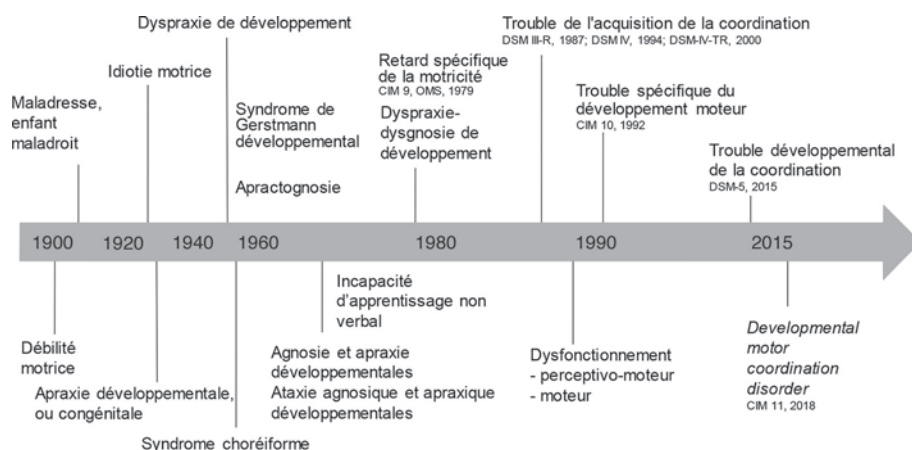
- A. L'acquisition et l'exécution de bonnes compétences de coordination motrice sont nettement inférieures au niveau escompté pour l'âge chronologique du sujet compte tenu des opportunités d'apprendre et d'utiliser ces compétences. Les difficultés se traduisent par de la maladresse (p. ex. laisser échapper ou heurter des objets), ainsi que de la lenteur et de l'imprécision dans la réalisation de tâches motrices (p. ex. attraper un objet, utiliser des ciseaux ou des couverts, écrire à la main, faire du vélo ou participer à des sports).
- B. Les déficiences des compétences motrices du critère A interfèrent de façon significative et persistante avec les activités de la vie quotidienne correspondant à l'âge chronologique (p. ex. les soins et l'hygiène personnels) et ont un impact sur les performances universitaires/scolaires, ou les activités préprofessionnelles et professionnelles, les loisirs et les jeux.
- C. Le début des symptômes date de la période développementale précoce.
- D. Les déficiences des compétences motrices ne sont pas mieux expliquées par un handicap intellectuel (un trouble du développement intellectuel) ou une déficience visuelle et ne sont pas imputables à une affection neurologique motrice (p. ex. une infirmité motrice cérébrale, une dystrophie musculaire, une maladie dégénérative).

Précisons qu'une déficience est définie comme un « problème dans la fonction organique ou la structure anatomique tel qu'un écart ou une perte importante » (Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé de l'OMS, 2001)⁴. Une compétence correspond quant à elle à une capacité potentielle qui s'actualise, se concrétise (ou non) sous la forme de performance(s). La performance est donc le résultat de la mise en œuvre d'une compétence et peut être observée et mesurée. Une compétence dans un domaine donné peut se manifester sous forme de différentes performances, dans différents contextes.

2. American Psychiatric Association (APA). *DSM-5 – Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux*. Paris, Elsevier Masson, 2015.

3. American Psychiatric Association (APA). *Diagnostic and Statistical Manual of mental disorders* (5th ed.). Arlington, Va, American Psychiatric Publishing, 2013.

4. Organisation mondiale de la santé (OMS). *Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF)*. Genève, OMS, 2001.



Évolution historique des termes employés

Le terme « dyspraxie » est utilisé par les individus concernés mais son articulation avec celui de TDC est floue

Malgré le consensus scientifique international autour de l'utilisation du terme TDC (ou TAC jusqu'au DSM-5), l'appropriation de ce terme en France et par les personnes concernées (personnes diagnostiquées et leurs familles mais aussi professionnels impliqués dans les secteurs sanitaire, médico-social, scolaire, etc.) reste limitée. En France, le terme « dyspraxie », qui renvoie à l'expression plus précise de « dyspraxie de développement », semble plus utilisé au sein de la population, comme l'indiquent notamment les noms des principales associations de famille concernées – Dyspraxique Mais Fantastique et Dyspraxie France Dys – mais aussi au sein de l'institution scolaire comme en attestent plusieurs textes et rapports de référence⁵. À noter que le préfixe -dys, permet un rapprochement avec d'autres troubles neuro-développementaux spécifiques dans ce qui est parfois appelé « la constellation des dys » (dyslexies, dyscalculies, dysorthographies, etc.).

L'expression « dyspraxie développementale » correspond littéralement à un trouble des praxies d'origine développementale. Les praxies sont définies par Piaget comme « *des systèmes de mouvements coordonnés en fonction d'un résultat ou d'une intention* » (1960)⁶. Toutefois, la notion de praxie fait également l'objet de définitions nombreuses et disparates, recouvrant des processus

5. Par exemple la circulaire du ministère de l'Éducation nationale, relative aux modules de formation dans le domaine de l'adaptation scolaire et de la scolarisation des élèves handicapés pour l'année scolaire 2016-2017 (parue le 1^{er} septembre 2016).

6. Piaget J. Les praxies chez l'enfant. *Rev Neurol* 1960 ; 102 : 551-65.

hétérogènes. Elles renvoient en général à une approche cognitive de la motricité et s'insèrent pour partie dans un cadre neuropsychologique.

L'articulation entre TDC et dyspraxie de développement est, elle aussi, variable avec quatre cas de figure présents dans la littérature, allant de deux entités distinctes à deux termes équivalents en passant par les dyspraxies de développement comme sous-groupe du TDC ou encore la dyspraxie de développement et le TDC qui se différencient partiellement mais se regroupent sous l'appellation d'incapacité d'apprentissage moteur. Il est encore difficile de dire si ces différentes propositions constituent une évolution sur le plan historique, dénotent des points de vue théoriques différents ou recouvrent des populations distinctes.

Comme indiqué précédemment, la diversité théorique est porteuse de confusions pour l'ensemble des acteurs concernés et nuit à la reconnaissance de ces troubles. Estimant qu'une harmonisation était nécessaire les différentes conférences de consensus ont opté pour l'utilisation du terme TDC, terme qui s'est progressivement imposé dans la littérature. En outre, dans la Classification Internationale des Maladies 10^e révision (CIM-10), les termes TDC et dyspraxie de développement sont considérés comme équivalents. Enfin, le terme de dyspraxie est celui qui est majoritairement utilisé par les acteurs concernés et leurs proches. À la lumière de ces éléments historiques, scientifiques et sociaux, et dans la mesure où il n'a pas été possible de différencier rigoureusement les 2 termes dans l'analyse des publications, ils sont considérés comme équivalents dans l'ensemble de l'expertise. Conformément aux recommandations internationales, l'appellation scientifique TDC sera privilégiée tout au long de l'ouvrage, celle de dyspraxie sera retenue plus rarement pour souligner son usage social.

Actuellement, le terme TDC recouvre une grande hétérogénéité sans qu'une typologie consensuelle ait été identifiée

Dans les publications, une grande diversité de populations est regroupée sous le vocable TDC avec une absence d'harmonisation au niveau sémiologique. L'hétérogénéité de la population apparaît aussi bien au niveau moteur qu'au niveau cognitif sans oublier les aspects affectifs et les conséquences sur la participation et la qualité de vie.

L'identification de sous-types et clusters au sein du TDC pourrait permettre de faire un constat plus précis sur l'hétérogénéité recouverte par ce terme générique et sur ce qui ressort de cette diversité. Les enjeux sont cruciaux tant sous l'angle clinique pour faciliter le diagnostic et la prise en charge par

une meilleure caractérisation de l'hétérogénéité des tableaux cliniques que sous l'angle fondamental pour comprendre les processus sous-jacents au TDC.

Néanmoins, il n'existe pas de consensus sur une typologie du TDC, hormis sur le fait que, dans la plupart des études, un groupe peut être isolé, celui qui rassemble les enfants qui cumulent de nombreuses difficultés motrices et cognitives et sont généralement les plus gravement atteints par rapport aux autres groupes. Un autre sous-type avec trouble de l'équilibre, isolé ou associé éventuellement à d'autres troubles, est également rapporté dans différentes études. Enfin, certains travaux rapportent un sous-type idéomoteur où les praxies fines et séquentielles sont essentiellement déficitaires et un sous-type avec déficit des praxies constructives visuo-spatiales et dysgraphie. Peu d'études ont mis en évidence un sous-type porteur d'un déficit de la coordination globale (équilibre statique et dynamique). Ces résultats n'ont pour l'instant pas été confirmés par d'autres études ou par des répliques.

Le manque d'uniformité des résultats et la difficulté à comparer les études entre elles proviennent d'une variabilité dans les méthodologies concernant les critères d'inclusion ou d'exclusion et dans les évaluations standardisées utilisées (outils utilisés et variables mesurées). À l'heure actuelle, en l'absence de consensus, il reste donc difficile de caractériser l'hétérogénéité du TDC à l'aide des sous-types.

La recherche sur le TDC est en développement et présente encore de nombreuses limites

Le bref retour historique sur les terminologies utilisées dans la littérature scientifique indique que le TDC fait l'objet d'un champ de recherche récent dont le périmètre s'affine progressivement. S'il faut reconnaître des avancées avec une certaine harmonisation permise par l'usage du terme TDC associé, plus ou moins rigoureusement, aux critères du DSM, les publications sur ce thème restent de qualité très inégale et appellent donc à une grande vigilance dans l'interprétation des résultats. Par ailleurs, dans la dynamique de développement du champ, on voit aussi que certaines disciplines ou thématiques d'intérêt sont encore très peu explorées.

Des limites méthodologiques importantes

L'analyse de la littérature sur le TDC fait apparaître des biais méthodologiques récurrents.

Il apparaît tout d'abord que la taille limitée des échantillons pour de nombreuses études quantitatives (moins d'une vingtaine de sujets dans certains domaines, entre 20 et 40 pour d'autres) constitue un biais méthodologique qui limite la portée de certains résultats. Ensuite, dans de nombreuses publications, il est constaté que même lorsque le terme TDC est utilisé, l'ensemble des critères du DSM n'est pas toujours renseigné. En effet, les échantillons sont souvent recrutés uniquement sur la base de résultats à un test global de performance de la coordination (critère A du DSM) sans mentionner ou prendre en compte les répercussions dans la vie quotidienne et sur la scolarité (critère B), ni les critères d'exclusion tels que des handicaps intellectuels ou neurologiques moteurs (critère D). Lorsque ces critères ne sont pas mentionnés, il n'est pas possible de savoir si la population étudiée présente vraiment un TDC. Si, de plus, le recrutement s'est effectué en population générale, il n'y a pas forcément eu de plainte de la part des individus considérés comme présentant un TDC sur la base de résultats à un test moteur, contrairement au recrutement en contexte clinique (ou une plainte de l'individu, de sa famille ou d'un tiers est le plus souvent à l'origine de la consultation). Par ailleurs, lorsque les différents critères du DSM sont pris en compte, ils peuvent l'être de manières très variées (outils, seuils, types de recrutements, critères d'exclusion, etc.) ce qui ne facilite pas des comparaisons rigoureuses.

En outre, du fait des critères diagnostiques du DSM adoptés sur le plan international et de l'utilisation prépondérante de la batterie de test *Movement Assesment Battery for Children* (MABC) pour identifier une population TDC dans le cadre de recherche, le corpus de publications analysé ne recouvre pas l'entièreté de la population connue des cliniciens sous le terme de dyspraxie. Il laisse en particulier de côté un nombre non négligeable de jeunes présentant, outre des troubles de la motricité, des déficits ou anomalies des traitements visuo-spatiaux. Les questions concernant leur proportion relative, l'impact particulier des troubles neurovisuels et/ou des traitements spatiaux dans les anomalies gestuelles, leurs répercussions spécifiques dans la vie quotidienne et surtout dans les apprentissages scolaires, leur prise en charge et leur devenir restent donc sans réponse.

Par ailleurs, l'absence de mention ou de prise en compte des troubles associés dans de nombreuses études pose également de nombreux problèmes d'interprétation. Étant donné la fréquence de la comorbidité avec d'autres troubles neuro-développementaux, la non exclusion des personnes présentant un TDA/H, ou des troubles du langage est problématique pour l'interprétation de nombreux résultats, surtout si elle n'est pas précisée. Sans ces éléments, les troubles moteurs identifiés peuvent relever du TDC comme d'une autre pathologie. L'absence d'évaluation systématique des troubles neurovisuels et

perceptifs visuels pose également un certain nombre de questions dans la mesure où ce type de troubles peut relever d'une forme de TDC, constituer un trouble associé ou encore relever d'un autre trouble ayant un impact sur les gestes (dans ce dernier cas, le diagnostic différentiel écartera la piste du TDC). En même temps, il faut souligner les difficultés rencontrées par les chercheurs pour recruter des enfants présentant un TDC sans troubles associés tout en ayant une taille d'échantillon satisfaisante.

La *Movement Assesment Battery for Children* (MABC ou MABC-2) est l'outil le plus employé dans les publications de recherche pour évaluer le critère A du DSM. Si cette utilisation constitue une avancée dans la mesure où elle permet une certaine homogénéisation et rend possible des comparaisons dans le cadre de la recherche clinique, elle présente aussi des limites. Lorsque le même outil est employé pour évaluer les aspects moteurs, les seuils considérés peuvent varier (par exemple 5^e ou 15^e percentile pour la MABC). Si cela peut se justifier au regard des objectifs de chaque recherche, cela limite les comparaisons entre études.

On peut enfin regretter que les prises en charge dont bénéficient les individus ne soient que très rarement décrites alors même qu'elles peuvent avoir une influence non négligeable sur les résultats des études.

Des résultats à interpréter avec vigilance

Le constat de ces limites méthodologiques retrouvées dans plusieurs articles s'ajoute à celui de l'hétérogénéité des cas recouverts par le terme générique de TDC pour appeler à une certaine prudence dans l'interprétation et l'extrapolation des résultats.

Par ailleurs, il est important de garder en tête que de nombreux résultats présentés dans les articles et dans cette expertise concernent des groupes, et donc des comparaisons de moyennes, qui ont parfois tendance à estomper la diversité des cas. Ces résultats n'indiquent ni que tous les enfants présentant un TDC sont concernés par les déficits ou les situations rapportés, ni que les résultats mentionnés s'appliquent automatiquement à un individu donné.

Enfin, les règles et critères de publications amènent les chercheurs à mettre plutôt en lumière les résultats « positifs » (c'est-à-dire pour lesquels un déficit ou un problème est trouvé de manière significative) contrairement à ceux qui apparaissent « négatifs » (c'est-à-dire pour lesquels un déficit ou un problème n'est pas trouvé, de manière significative). Le tableau qui en ressort peut donc apparaître parfois quelque peu déséquilibré.

Des champs encore peu explorés

L'analyse de l'ensemble de la littérature indique que les sciences sociales se sont encore peu emparées de ce sujet car il existe peu de publications concernant les personnes présentant un TDC et leur prise en charge ou accompagnement. Cette littérature réduite ne permet de saisir que très modestement la complexité des situations vécues, l'influence du milieu social ou encore les interactions entre acteurs impliqués, pour ne citer que quelques dimensions qui pourraient être explorées plus en profondeur. Tout au plus, une littérature à l'interface entre littérature professionnelle et scientifique nous permet de saisir des pratiques professionnelles.

Par ailleurs, dans certaines disciplines (épidémiologie, sociologie, sciences de l'éducation, etc.) ou concernant certains aspects relatifs au TDC (troubles médicaux associés, participation et qualité de vie, inclusion scolaire, activité physique, acteurs professionnels de la prise en charge, etc.), la rareté des publications françaises est regrettée dans la mesure où le contexte national – dans ses dimensions politique, culturelle et institutionnelle – joue un rôle important.

Enfin, il existe peu de recherches sur les adolescents et adultes présentant un TDC. Ce manque concerne les études expérimentales pour mieux comprendre le trouble aux différents âges de la vie et en saisir notamment l'évolution physiologique. Il concerne aussi les situations de handicap et le vécu de ces populations. Si quelques travaux existent sur ce sujet ils restent encore insuffisants. La clinique est aussi concernée puisqu'elle manque notamment d'outils d'évaluation pour ces tranches d'âges ainsi que de lieux d'accueil et que très peu de travaux existent sur des interventions destinées à ces populations. Plus largement, les parcours de soins, de santé, de scolarité ou encore les parcours professionnels sont méconnus alors même qu'ils sont associés à des enjeux importants : orientation au sein du système sanitaire et social ainsi qu'orientations scolaire et professionnelle.

II. PRÉVALENCE, FACTEURS DE RISQUE, TROUBLES ASSOCIÉS

Les estimations de prévalence à l'âge scolaire sont peu précises mais les garçons sont surreprésentés

Les estimations récentes de la prévalence du TDC s'appuient sur la définition du DSM-IV, puis du DSM-5 depuis 2013, et utilisent principalement la MABC ou MABC-2 pour la mesure du trouble de la coordination. À l'âge scolaire, les prévalences varient de 1,8 % à 5,4 % quand on considère le 5^e percentile

de la MABC comme seuil pour interpréter que la performance motrice est significativement inférieure à la normale compte tenu de l'âge chronologique. Elles varient de 6,7 % à 27,7 % quand la valeur seuil considérée est le 15^e percentile, avec une surreprésentation du trouble chez les garçons (sex ratio 1,8 :1). Cette variabilité est liée aux modalités de sélection des populations observées, à leurs caractéristiques (exclusion ou non des enfants avec déficience intellectuelle, trouble neurologique ou psychologique sévère), à la prise en compte ou non du retentissement du trouble sur la vie quotidienne ou les performances académiques. Les chiffres extrêmes, en particulier, sont à prendre avec précaution. La limite basse pour le seuil au 15^e percentile correspond par exemple à une étude qui n'a utilisé que 3 sub-tests de la MABC pour l'évaluation de la performance motrice. Celle plus haute n'a par exemple pas exclu les troubles neurologiques autres. Il n'existe pas, à notre connaissance, de données épidémiologiques pour la population française.

Parmi les facteurs de risque identifiés, la prématurité est le plus important

La littérature scientifique a bien documenté les liens entre, d'un côté, des difficultés motrices (coordination, équilibre, contrôle moteur, intégration visuo-motrice, etc.) et, de l'autre, la prématurité, le faible poids de naissance ou la survenue de tout événement neurologique pendant la périnatalité (AVC, anoxie, etc.). La survenue de ces difficultés motrices à l'âge scolaire est élevée. Ainsi, environ 32 à 49 % des enfants nés prématurément présentent ces difficultés (< 15^e percentile ou -1 ET) avec 14 à 24 % de ces enfants qui sont modérément ou plus sévèrement touchés (< 5^e percentile ou -2 ET). De manière générale dans cette population à risque, l'occurrence du TDC à l'âge scolaire est 3 à 8 fois plus fréquente que chez les enfants nés à terme ou de poids normal à la naissance. Le risque de présenter un TDC augmente avec la diminution de l'âge gestationnel à la naissance. Chez les enfants nés prématurément, les études explorant la relation entre TDC et facteurs de risque périnataux rapportent que le sexe masculin, le retard de croissance intra-utérin, l'exposition aux corticoïdes postnataux et la dysplasie broncho-pulmonaire sont des facteurs de risque indépendants de la survenue du TDC. De manière attendue, des retards d'acquisition motrice ou l'existence de troubles moteurs précoces à 2-3 ans, sans affection neurologique motrice, ont été décrits comme des prédicteurs du TDC à l'âge scolaire.

Quelques études rapportent des scores à la MABC significativement plus bas dans des populations défavorisées comparativement à ceux obtenus chez des enfants vivant dans des milieux socialement plus favorisés ; ces résultats

demandent à être confirmés par d'autres travaux sur des séries plus larges et avec une mesure précise du niveau social. Le lien avec des expositions prénatales à l'alcool ou au tabac n'a pas été mis en évidence.

Les personnes présentant un TDC ont fréquemment des troubles associés

Les troubles fréquemment associés au TDC soulèvent un certain nombre de questions pour mieux comprendre la nature des associations (mécanismes communs, conséquences d'un trouble primaire, signes d'appel, etc.) et ont des conséquences variées sur les individus (au niveau physiologique mais aussi en matière de participation et de qualité de vie).

Le TDC coexiste fréquemment avec des troubles du langage, de l'attention et des apprentissages mais la connaissance des mécanismes de ces associations est encore partielle et discutée

Les troubles de la coordination motrice, du langage, de l'attention et des apprentissages (dyslexie, dyscalculie, etc.) peuvent coexister chez un même enfant avec une fréquence supérieure à celle attendue si ces difficultés étaient indépendantes. En population générale, les associations de troubles du neuro-développement existent dans 15 à 20 % des cas, c'est-à-dire qu'elles concernent environ 50 % des enfants présentant au moins une difficulté. Les enfants avec des difficultés associées sont en règle générale plus sévèrement impactés que ceux avec des difficultés isolées. Les garçons présentent plus souvent que les filles des retards dans plusieurs domaines du neuro-développement (lecture, écriture, etc.). Comparativement aux enfants à développement typique, les enfants porteurs d'un TDC repérés dans des centres de référence – donc des enfants présentant généralement un TDC plus sévère que dans d'autres lieux de recrutement – ont un risque de présenter un trouble associé augmenté d'un facteur de 1,8 à 2 pour la majorité des troubles associés, et de 3 pour l'association à une dyslexie.

Malgré la constatation fréquente et ancienne d'une telle association, la connaissance de sa nature et des mécanismes explicatifs est encore partielle et discutée. Plusieurs modèles cherchent à en rendre compte en postulant, par exemple, un développement cérébral atypique ou une atteinte du système d'apprentissage procédural mais cela reste encore à l'état d'hypothèse.

Les personnes présentant un TDC semblent avoir un risque augmenté de développer secondairement des troubles psychopathologiques

Bien que la littérature soit très hétérogène dans la façon de documenter les associations du TDC avec des troubles psychopathologiques, elle rapporte un risque significativement augmenté pour les enfants et les adolescents présentant un TDC de développer secondairement des troubles anxieux mais aussi des troubles émotionnels et comportementaux comparativement à leurs pairs. L'association avec une symptomatologie dépressive est également retrouvée dans la littérature mais de manière moins nette.

L'ensemble de ces troubles psychopathologiques plus fréquents semble, au moins pour partie, médié par différents facteurs comme un QI bas (sans pour autant qu'il devienne un facteur d'exclusion dans le cadre du diagnostic différentiel), une estime de soi dégradée, ou le fait que les jeunes présentant un TDC puissent être victimes de harcèlement. Ces facteurs pourraient également avoir des répercussions sur la qualité du sommeil. Les données sont plus parcellaires chez l'adulte. Néanmoins, les mêmes associations à des états ou des traits d'anxiété, des difficultés émotionnelles et comportementales, voire des symptômes dépressifs ont été décrites.

Les enfants porteurs d'un TDC présentent une plus grande vulnérabilité quant au surpoids et à l'obésité mais ces résultats restent à confirmer en France

Les enfants présentant un TDC apparaissent dans une situation de plus grande vulnérabilité quant au surpoids ou à l'obésité. Ces résultats sont probablement en lien avec une moindre participation aux activités physiques pour lesquelles ces enfants se sentent souvent peu compétents. Chez les enfants et les adolescents présentant un TDC, la littérature rapporte une fréquence d'obésité environ deux fois supérieure à la fréquence observée chez leurs pairs à développement typique. Ce risque augmente avec la sévérité du TDC et la présence de troubles de l'équilibre ; il persiste avec l'avancée en âge. Chez ces enfants, la masse grasse est significativement augmentée. Cela peut avoir des conséquences cardio-respiratoires et entraîner des troubles cardio-vasculaires et métaboliques. L'absence d'études sur des populations françaises rend toutefois difficile la généralisation de ces travaux réalisés pour l'essentiel en Amérique du Nord, en Australie et à Taïwan. En effet, le rapport au sport et à l'activité sportive n'est pas forcément le même dans les différents contextes et les conséquences en termes de surpoids et obésité peuvent ainsi varier.

III. IMPACTS SUR LES ACTIVITÉS, LA PARTICIPATION ET LA QUALITÉ DE VIE

Le TDC a des conséquences hétérogènes mais importantes, sur la participation et la qualité de vie en particulier dans le contexte scolaire et les activités physiques

Participation et qualité de vie : des concepts clés pour appréhender les impacts du TDC sur les individus

Les concepts de participation et de qualité de vie sont utilisés pour identifier et comprendre les impacts du TDC sur les individus. De plus, ces notions jouent un rôle important tant dans le diagnostic (particulièrement la participation pour le critère B du DSM) que pour apprécier la nature et l'intensité du handicap et être ainsi en mesure de juger de l'intérêt des interventions et/ou adaptations proposées mais aussi des compensations à mettre en place.

À partir des années 1970, le handicap est dissocié de la déficience, indépendamment de sa nature et de sa cause, donnant lieu au concept de « situation de handicap ». En 2001, l'OMS adopte la CIF (Classification internationale du fonctionnement) qui introduit les termes « fonctionnement », « activité » et « participation sociale ». Dans sa version révisée, les fonctions y sont décrites comme « les fonctions physiologiques des systèmes organiques (y compris les fonctions psychologiques) », les activités correspondent à l'« exécution d'une tâche ou d'une action par une personne » et la participation est « l'implication d'une personne dans une situation de la vie réelle » (Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé de l'OMS, 2001, p. 10). La participation correspond donc au fonctionnement d'un individu dans sa vie sociale.

Cette classification analyse les situations de handicap selon quatre composants principaux :

- l'organisme (avec ses structures anatomiques et fonctions physiologiques qui sont plus ou moins déficientes) ;
- les activités et la participation ;
- les facteurs environnementaux (ce que la société a prévu ou non pour faciliter l'intégration des personnes en situation de handicap) ;
- les facteurs personnels (les situations individuelles).

La participation est généralement évaluée à partir de questionnaires concernant les habitudes de vie de la personne dans son environnement et son degré de participation sociale. Ces questionnaires sont remplis de préférence

avec la personne concernée mais une tierce personne peut aussi les remplir complètement ou partiellement.

Le concept de qualité de vie (QDV) tient compte du bien-être ressenti par les sujets, de leur vécu, de leurs besoins et de leurs désirs. C'est donc une notion subjective qui n'a pas de contour strictement défini. Les dimensions de la qualité de vie le plus souvent citées concernent les relations sociales et les interactions, le bien-être psychologique et la satisfaction personnelle, l'emploi, l'autodétermination, l'autonomie et les choix personnels, la compétence personnelle, les habiletés de vie autonome et l'intégration communautaire. Ces aspects sont évalués par différents questionnaires dont les items ont été préalablement définis en fonction des objectifs poursuivis (décisionnels, ou évaluatifs pour des modalités de prise en charge). Des conditions de vie objectivement identiques peuvent produire des ressentis très différents : la personne est la seule habilitée à juger de la qualité de vie qu'elle perçoit. En complément des questionnaires, on regrette l'absence de recherches s'appuyant sur des approches qualitatives plus fines pour mieux saisir les problèmes perçus et le vécu des personnes présentant un TDC dans des contextes spécifiques (dont le contexte scolaire ou celui des loisirs, notamment sportifs).

Les objectifs de mesure de la participation et de la qualité de vie sont multiples. Ils visent des applications administratives et politiques (évaluation et reconnaissance du handicap, notamment pour l'attribution de droits) ou cliniques (diagnostic, évaluation du handicap, choix des interventions, adaptations, compensations). Bien que, théoriquement, participation et QDV explorent des domaines différents, l'un subjectif et l'autre plus objectif, ils sont intimement liés et il est souvent difficile, au sein des publications concernant le TDC, de les séparer clairement. Rappelons enfin que les limites méthodologiques⁷ appellent à une certaine prudence dans l'interprétation et la généralisation des résultats présentés.

Une limitation de participation importante mais hétérogène

En ce qui concerne la participation des personnes présentant un TDC, il existe un large consensus pour constater une importante restriction dans les activités de la vie quotidienne (AVQ) associée à une importante limitation de participation. On note cependant une grande hétérogénéité au sein des populations étudiées, certains enfants n'étant limités que dans une activité

7. En particulier l'absence de prise en compte des troubles visuels dont les conséquences en termes de participation et de qualité de vie peuvent être spécifiques, ou la non exclusion de troubles associés.

(par ex. le graphisme), d'autres au contraire l'étant dans de très nombreuses activités (repas, habillage, toilette, loisirs, activités scolaires, etc.). Pour ces enfants, les activités de la vie quotidienne au domicile (se brosser les dents, se coiffer, couper sa viande, se servir à boire, se moucher, se laver les mains, faire ses lacets, s'habiller, dessiner et écrire, etc.) peuvent être impossibles ou difficiles, lentes et peu efficaces. Ceci affecte leur autonomie et impacte les parents, qui développent souvent différentes stratégies pour faciliter le quotidien. Les articles indiquent également que ces enfants font moins d'activités physiques, de jeux physiques et de sports que leurs pairs ; ils y sont moins performants et reçoivent beaucoup de retours négatifs. Concernant la participation en milieu scolaire⁸, sont mises en évidence des difficultés concernant le sport et les habiletés physiques, des difficultés d'organisation et une lenteur mais aussi une moindre participation aux jeux et activités physiques en classe et en cours de récréation. La notion d'isolement revient souvent, témoignant d'une vie sociale affectée dans le milieu scolaire, les loisirs et la vie quotidienne.

La qualité de vie apparaît impactée, en particulier dans le cadre scolaire et concernant les activités physiques mais une résilience est possible

Les difficultés rencontrées par les individus présentant un TDC et leur moindre participation sont corrélées à une faible satisfaction concernant la qualité de vie. Dans les articles, la qualité de vie des personnes présentant un TDC est souvent directement mise en lien avec les activités physiques et sportives (elles-mêmes connotées négativement car associées à des performances motrices plus faibles), et est généralement reliée au contexte de vie scolaire pour les enfants. Par ailleurs, de nombreuses publications relient la limitation de participation sociale et l'insatisfaction (de l'enfant, de ses parents) en termes de qualité de vie avec une estime de soi et une confiance en soi dégradées, voire avec un niveau élevé d'anxiété ou un état dépressif.

Quelques études montrent néanmoins des capacités de résilience et de vécu positif en dehors du cadre scolaire, avec notamment des activités « non-physiques » de loisirs, lors des week-end ou des vacances. Cela se retrouve pour des adultes en situation de choisir leurs activités et leurs loisirs en fonction de leurs capacités et leurs goûts⁹. Dans ces conditions, on voit que la QDV peut être de bonne qualité et se différencier de la participation ainsi

8. En dehors de l'écriture manuscrite, les apprentissages scolaires proprement dits ne sont pas pris en compte dans ces publications.

9. Concernant les adolescents et adultes il est regrettable que la question des apprentissages professionnels et de l'emploi (choix, participation, qualité de vie au travail) ne soit abordée par aucune des publications identifiées.

que de la performance (toujours limitée). À noter également que certaines activités revêtent une importance particulière pour les individus. Par exemple, faire du vélo, accéder à l'écriture cursive ou au clavier, faire ses lacets (ou mettre sa combinaison de ski au Canada !) pour les enfants ou passer le permis de conduire pour les adultes. Leur réussite ou leur échec modifie leur insertion sociale, le regard des autres (pairs et adultes) et a un impact décisif sur leur qualité de vie. Cela témoigne notamment de l'importance du contexte social et culturel dans lequel évolue le sujet.

Des résultats concernant l'activité physique qui apparaissent limités et à replacer dans leur contexte

À propos de l'importance du contexte culturel, on peut s'interroger sur la généralisation des résultats concernant les domaines physiques et sportifs dans la mesure où la plupart des publications abordant ces domaines de manière contextualisée se situent dans un cadre anglo-saxon. En effet, le rapport à la performance sportive est différent, la demande (scolaire et sociale) est par exemple beaucoup moins prégnante en France, et les cadres de pratique ne sont pas les mêmes, même si le modèle sportif compétitif reste le modèle dominant. Les possibles différences entre les genres constituent également un facteur à prendre en compte. La QDV pourrait être moins, ou différemment, impactée. Ces éléments sociaux restent donc à explorer dans un contexte français.

En effet, l'intérêt consiste à croiser les recherches réalisées en condition expérimentale avec d'autres recherches complémentaires visant à produire des connaissances sur des activités globales, réalisées dans des contextes écologiques. Or cela est rarement le cas puisque dans de nombreux travaux sur l'activité physique, celle-ci est définie diversement, renvoyant aussi bien à un simple mouvement (au sens physique du terme et enregistré par un accéléromètre), à une tâche simple (à la performance aisément mesurable) ou bien encore à des activités ludo-sportives complexes, certaines pratiquées dans le cadre contraint de l'école, d'autres dans celui d'une pratique volontaire de loisirs physiques, certaines obligatoires, d'autres librement pratiquées. Par ailleurs, le sens que prend la pratique ou la non pratique de l'activité physique pour les individus est très rarement pris en compte alors même que cela est primordial pour comprendre les liens entre TDC et activité physique mais aussi pour mieux agir en direction des personnes présentant un TDC.

De rares travaux exposent l'intérêt de l'accès à des activités physiques inclusives, qui permettent aux enfants présentant un TDC d'avoir accès au jeu, de se considérer comme de véritables joueurs et de se « faire des amis ». Une

étude montre en outre que dans ces activités physiques inclusives les réactions positives de l'environnement permettent aux enfants de se sentir plus acceptés. Elle souligne que l'envie de jouer est bien là chez eux mais que le repli qu'ils manifestent vis-à-vis des jeux sportifs est le résultat de mises à l'écart et de jugements dans des expériences antérieures. Les effets de la pratique physique sur la qualité de vie ne peuvent donc pas être dissociés des rapports sociaux et des systèmes de valeur dans lesquels elle se produit.

IV. DÉFICITS DE FONCTIONS, MÉCANISMES ET MODÈLES EXPLICATIFS

La personne atteinte de TDC peut présenter des déficits au niveau des fonctions motrices fines avec un impact important sur l'écriture manuscrite

Comme mentionné précédemment, les apprentissages scolaires sont peu pris en compte dans les études concernant les activités et la participation. Même les difficultés concernant l'écriture manuscrite sont principalement abordées en matière de déficit des fonctions motrices fines. Pourtant, aujourd'hui encore, à l'heure du numérique et du digital, l'écriture manuscrite reste un acquis essentiel au fonctionnement de notre société, se situant à la base de nombreuses productions aussi bien scolaires que professionnelles. À l'école, l'écriture manuscrite représente la principale tâche académique des enfants, s'inscrivant quotidiennement dans 30 à 60 % de leurs activités. Malgré un apprentissage correct et des entraînements appropriés, certains enfants n'arrivent jamais à atteindre un niveau en écriture suffisant pour leur permettre d'accéder aux autres niveaux de l'expression écrite (orthographe, syntaxe, etc.). Ces troubles de l'écriture manuscrite, regroupés sous le terme de « dysgraphies », sont observés dans différents contextes pathologiques, notamment le TDC. Étant donné l'importance de l'écriture manuscrite aussi bien dans la réussite scolaire que professionnelle, le diagnostic et la prise en charge précoce des dysgraphies sont donc essentiels, ces troubles pouvant en effet avoir de graves conséquences pour l'enfant en impactant les apprentissages scolaires, notamment lors de situations de double tâche. Cependant, il est important de rester prudent sur le diagnostic de dysgraphie qui marque définitivement un trouble, alors que pour certains enfants il s'agit d'un retard de maturation du geste ou d'un trouble psychologique qui retentit sur le geste.

Les enfants porteurs d'un TDC présentent des déficits de la motricité globale et de la motricité fine, avec notamment des difficultés à réaliser des gestes

coordonnés dans un but précis, en général dans le cadre d'un apprentissage spécifique et contextualisé : utiliser des couverts, manier un outil, découper, dessiner, écrire, jouer d'un instrument, attraper une balle, etc. Le développement de la motricité fine, et plus particulièrement la capacité à réaliser des mouvements différenciés des doigts, contribue au développement de la prise de l'outil scripteur. De ce fait, il n'est pas étonnant qu'une des activités motrices fines qui pose le plus problème aux enfants présentant un TDC soit l'écriture. Plus de la moitié de ces enfants sont en effet dysgraphiques, et ces difficultés constituent une des principales raisons de consultation.

Les déficits en écriture observés chez ces enfants concernent non seulement le produit final (problème de lisibilité, nombre d'erreurs plus important que chez les enfants typiques) mais également le processus d'écriture. On constate une grande hétérogénéité concernant les déficits en écriture observés chez les enfants présentant un TDC, avec d'importantes variations inter- et intra-individuelles en fonction de la complexité de la tâche ou des contraintes imposées. Cette diversité des déficits est probablement liée à la grande hétérogénéité des troubles présents chez ces enfants ainsi qu'à un aspect développemental de l'organisation gestuelle qui n'est pas pris en compte dans l'évaluation. Dans plusieurs publications, l'association avec le TDA/H pose aussi la question de ce qui relève d'un trouble attentionnel et ce qui relève du TDC. Néanmoins, l'écriture des enfants porteurs d'un TDC présente un certain nombre de caractéristiques constantes. Tout d'abord, l'écriture est lente et peu voire pas lisible. Elle est moins fluide et moins régulière que celle des enfants typiques, les lettres sont très irrégulières, déformées, et l'agencement des lettres et des mots dans l'espace de la feuille est souvent désordonné. Ces enfants ont aussi du mal à suivre les lignes et à respecter les hauteurs relatives des lettres et des portions de lettres. L'écriture des enfants présentant un TDC peut en outre se caractériser par une taille excessive. Enfin, leur écriture est beaucoup plus altérée lorsque des contraintes de taille ou de vitesse sont imposées.

Dans la littérature ces caractéristiques semblent être reliées à des difficultés pour contrôler les mouvements et la coordination inter-segmentaire des muscles du bras et/ou des doigts, et/ou à un déficit de l'intégration visuo-motrice, c'est-à-dire la coordination entre la perception visuelle et la coordination du mouvement du bras et des doigts. L'hypothèse d'un déficit d'automatisation des compétences motrices et dans l'apprentissage de séquences de mouvements pourrait également expliquer certaines difficultés d'écriture manuscrite ainsi que leur impact sur les apprentissages scolaires, notamment dans des situations de double tâche.

Le TDC est un trouble cognitivo-moteur plutôt que moteur

L'étude des fonctions cognitives telles que la perception, l'attention, les fonctions exécutives et la mémoire est essentielle à la compréhension des difficultés rencontrées par les individus présentant un TDC et nécessaire pour comprendre l'étiologie de ce trouble. Bien que les théories dynamiques et écologiques du contrôle moteur deviennent de plus en plus présentes dans les publications sur le TDC, l'approche cognitive du contrôle moteur et de l'apprentissage moteur est dominante depuis les années 1990 dans la recherche sur les processus cognitifs déficitaires dans le TDC et maintient sa présence dans la littérature actuelle. Cette approche considère que la production d'une réponse motrice est le résultat de la mise en œuvre de processus moteurs et cognitifs. La production d'une réponse motrice adaptée, rapide, précise et stable est ainsi permise par la mise en jeu de différentes fonctions cognitives. Dans les publications, les processus cognitifs tels que la perception, l'attention, les fonctions exécutives, la métacognition et la mémoire sont envisagés de manière isolée. Ainsi, chaque publication traite d'un processus particulier, exploré par une méthode expérimentale spécifique, et donne lieu, la plupart du temps, à une conclusion en termes de déficits plutôt que de fonction préservée, ce qui rend difficile une vision globale de la cognition dans le TDC. Des approches cliniques avec l'évaluation standardisée et normée des fonctions neuropsychomotrices et neuropsychologiques apportent aussi de précieux éléments sur les déficits fonctionnels relevant du TDC. Il ressort de l'ensemble de ces publications une hétérogénéité des processus cognitifs qui peuvent être affectés, soulignant l'importance d'une évaluation complète et d'une approche individuelle des personnes présentant un TDC.

Les déficits perceptifs sont hétérogènes dans le TDC et restent encore à explorer

Les travaux sur la perception dans le TDC sont essentiellement centrés sur la perception visuelle. Les résultats indiquent qu'il n'existe pas de déficit général visuel mais que les perturbations de la perception visuelle sont fréquentes et présentent une grande hétérogénéité en fonction des individus, et notamment des troubles associés, ainsi que des tâches proposées. Les enfants présentant un TDC ont globalement un score total plus faible dans les tâches de perception visuelle que les enfants contrôles mais pas tous et pas sur tous les sous-tests. Les études sur les sous-types indiquent d'ailleurs qu'il pourrait exister une sous-catégorie d'enfants porteurs d'un TDC qui présentent un déficit de perception visuo-spatiale. La perception visuelle doit

donc être explorée en prenant en compte la nature des tâches et des *stimuli* (tâches motrices et non motrices, formes, mouvement, longueurs, tailles, localisation, distance/vitesses), leur composante mnésique, l'existence ou non d'une contrainte temporelle et les troubles associés (TDA/H et troubles spécifiques du langage notamment). Précisons que les études ne rapportent pas de déficits sensoriels primaires, la réception des informations sensorielles est épargnée.

Les liens entre déficit perceptif visuel et déficit moteur ne sont pas encore clairement établis. Plusieurs hypothèses coexistent dans la littérature allant d'une dissociation entre les habiletés motrices et perceptives à un dysfonctionnement commun pour lequel plusieurs types de liens entre perception et action sont envisagés (influence de l'un sur l'autre ou influence mutuelle par un couplage perception-action).

Les autres modalités perceptives sont moins explorées. Un déficit a été rapporté pour la perception kinesthésique (perception des déplacements de ses propres segments corporels lors de mouvements du corps) mais les résultats ne sont pas unanimes et restent à confirmer. Quelques rares études suggèrent un déficit de la perception haptique (perception des sensations tactiles et de pression exercées sur le corps) sans que l'on puisse conclure à un trouble généralisé dans ce domaine. La perception auditive est également peu étudiée mais fait l'objet d'une attention grandissante avec des récentes hypothèses portant sur des déficits de discrimination de sons ou de durées. Deux méta-analyses rapportent un déficit de la perception inter-modale (capacité à traduire les informations d'une modalité en une autre modalité) mais des biais méthodologiques appellent à une certaine prudence dans l'interprétation des résultats. Enfin, l'intégration multisensorielle (intégration d'informations provenant de deux modalités sensorielles ou plus) des individus présentant un TDC apparaît comme une piste à explorer.

De nombreuses études retrouvent une perturbation de certaines fonctions exécutives dans le TDC

Les fonctions exécutives regroupent plusieurs fonctions cognitives complexes (planification, inhibition et l'administrateur central de la mémoire de travail) qui permettent de réaliser des tâches nouvelles ou difficiles avec des conditions changeantes, des contraintes temporelles ou encore une très forte exigence de précision. Elles sont importantes à prendre en compte étant donné leurs liens probables avec les habiletés scolaires et sociales. Les fonctions exécutives les plus étudiées sont la mémoire de travail, le contrôle inhibiteur et la planification d'une séquence d'actions. Bien que les études

sur les fonctions exécutives souffrent de certaines limites¹⁰, nombre d'entre elles rapportent des perturbations des fonctions exécutives dans le TDC. Pour autant, les fonctions exécutives ne semblent pas affectées de manière globale mais apparaissent déficitaires pour ce qui concerne la mémoire de travail, surtout le domaine visuo-spatial, et l'inhibition d'une réponse automatique.

En effet, plusieurs études ont rapporté de manière concordante une perturbation de la mémoire de travail notamment visuo-spatiale. Cette mémoire de travail correspond à la capacité à maintenir une information visuo-spatiale (non verbale) en mémoire pendant l'exécution d'une autre tâche et à manipuler ces informations pendant une courte durée¹¹. La mémoire de travail est généralement classée dans les fonctions exécutives dans la littérature sur le TDC mais elle comporte aussi des composantes qui ne sont pas des fonctions exécutives. L'interprétation des résultats par rapport aux fonctions exécutives reste donc en suspens.

Des travaux rapportent des performances moindres pour des tâches d'inhibition motrice en comparaison aux performances des enfants contrôles lorsque la réponse est automatique. Ces tâches requièrent de stopper une réponse automatique ou programmée à l'avance ou de modifier une action en cours ou planifiée. Quelques études rapportent également un déficit d'inhibition en cas de stimulus émotionnel.

Les résultats sont plus controversés concernant la flexibilité mentale ou la planification motrice et/ou exécutive.

Parmi les types de mémoires, la mémoire procédurale est la plus explorée

L'essentiel des travaux sur la mémoire à long terme porte sur l'apprentissage et la mémoire procédurale qui concerne la mémorisation et la rétention à long terme de savoir-faire. Celle-ci pourrait être perturbée, dans certaines conditions mais le déficit dans ce domaine n'est pas encore clairement établi. En effet, il semble que la mémoire procédurale soit affectée uniquement dans certaines conditions et différemment selon que l'on s'intéresse aux

10. Protocoles expérimentaux en laboratoire et non en conditions écologiques alors que les deux mesures apparaissent peu corrélées ; populations testées entre 5 et 11 ans pour des fonctions qui continuent de se développer jusqu'à l'âge adulte ; fonctions rarement testées pour un même enfant empêchant d'identifier d'éventuels profils de déficits des fonctions exécutives ; certaines études n'excluant pas les TDA/H.

11. Tâches de mémorisation de trajet, retrouver un indice dans une scène complexe après l'avoir vu dans une autre perspective, etc.

apprentissages par mémorisation de séquences ou aux adaptations visuo-motrices, qui mettent en jeu des réseaux cérébraux distincts. Si les résultats vont dans le sens d'un déficit au niveau des apprentissages par adaptation visuo-motrice, ils sont plus contradictoires concernant la mémorisation de séquences. Ceci pourrait notamment être expliqué par des différences méthodologiques : complexité de la réponse motrice attendue, phase(s) de l'apprentissage testée(s), caractère explicite ou implicite de l'apprentissage mesuré, durée de la pratique, etc.

Certaines études rapportent également une dégradation de la mémoire visuelle à court terme qui correspond à la capacité à stocker et restituer des informations visuelles pendant une courte période de temps.

Les approches cognitives ne permettent pas de conclure à un déficit des différents types d'attention dans le TDC

L'évaluation expérimentale de l'attention a fait l'objet de plusieurs publications évaluant les différentes formes d'attention – soutenue, préparatoire, divisée, sélective et l'orientation de l'attention –, certaines plus explorées que d'autres. Il en ressort que le déficit n'est pas général. La nature et l'étendue des déficits attentionnels restent toutefois à clarifier, notamment en les comparant aux déficits des enfants présentant un TDA/H.

Les processus d'orientation de l'attention sont les plus étudiés dans le TDC. Ils correspondent à la capacité à déplacer un focus attentionnel vers une cible. Les résultats des études indiquent que l'orientation automatique de l'attention est préservée mais que son contrôle volontaire est déficitaire. Plusieurs hypothèses coexistent pour expliquer cette perturbation.

L'attention divisée (capacité à partager son attention entre deux sources d'informations concomitantes) est généralement mesurée par un paradigme de double tâche durant lequel on mesure la différence de performance d'un sujet lorsqu'il réalise la tâche principale seule ou en même temps qu'une tâche secondaire. Les résultats de ces études indiquent que l'attention divisée peut être déficitaire si la tâche cognitive ou motrice est complexe.

Enfin, peu d'études portent en revanche sur l'attention sélective, l'attention soutenue ou encore l'attention préparatoire. La question de déficits de ces types d'attention reste ouverte.

Bien qu'hétérogène, un déficit d'imagerie motrice est souvent retrouvé dans le TDC

L'imagerie motrice se réfère à la capacité à construire une représentation mentale de l'action sans produire la séquence de mouvements. Il s'agit d'une simulation mentale de l'action sans acte moteur. Plus de 15 ans de recherches sur l'imagerie motrice dans le TDC révèlent que les enfants et adultes porteurs d'un TDC présentent des difficultés importantes, et hétérogènes, dans ce domaine, révélées par des tâches de pointage visuo-spatial imaginé ou de rotation mentale. Le déficit apparaît comme n'étant pas spécifique à un effecteur (rotation de mains ou du corps entier) et dépendant de la sévérité du trouble et de la complexité des tâches. À noter que les tâches proposées dans ces études requièrent une composante de la mémoire de travail visuospatiale (MDT VS) qui est elle-même déficitaire. L'effet de la comorbidité avec le TDAH a été testé, sans parvenir à un consensus.

Le développement sensorimoteur est affecté chez les enfants présentant un TDC

Depuis une vingtaine d'années, il existe une littérature internationale abondante sur les troubles sensorimoteurs des enfants présentant un TDC, en étroite concertation avec l'évolution des concepts et théories du contrôle moteur, la théorie dominante des représentations internes et, plus récemment, des techniques d'explorations cérébrales.

Les personnes porteuses d'un TDC présentent des déficits aux niveaux du contrôle de l'équilibre, des tâches de saisie et de coordination et de la pondération des informations sensorielles

Il ressort de l'analyse de la littérature que les déficits premiers et incontournables au sein du TDC concernent le contrôle de l'équilibre, les tâches de saisie et de coordination intersegmentaire, ainsi que la capacité à utiliser et à pondérer les différentes modalités sensorielles. Il convient néanmoins de préciser que ces déficits s'expriment principalement dans des situations complexes telles que l'équilibre dynamique, la suppression de la vision, ou des situations de double tâche, qui mettent naturellement en jeu des mécanismes d'adaptation rapide. Ces situations complexes visent à prioriser par exemple les informations sensorielles restées disponibles, ainsi que des mécanismes de coordination qui consistent à gérer à la fois le contrôle postural et la précision du

geste ou bien à gérer deux composantes motrices complémentaires comme les forces de saisie et de soulèvement lors de la prise d'un objet.

Parmi les faits marquants, il apparaît que la variabilité et le ralentissement sont caractéristiques des performances motrices des enfants présentant un TDC. En effet, la majorité des travaux rapporte une variabilité intra et inter-individuelle excessive qui interroge les chercheurs sur la nature de ce mécanisme aussi bien au niveau de l'expression des mouvements et des gestes qu'au niveau des bases neurales et génétiques. De façon corollaire, un déficit du réglage temporel, qui affecte aussi bien le contrôle de l'équilibre que la coordination des activations musculaires, est fréquemment rapporté.

Le couplage perception-action semble affecté dans le TDC

Les troubles des enfants présentant un TDC ne se limitent pas à la seule sphère motrice. L'exploration d'éventuels déficits perceptifs, notamment neurovisuels, est effectuée depuis la fin des années 90 et rapporte, chez certains enfants présentant un TDC, des particularités oculomotrices. L'idée que le TDC peut aussi être lié à un trouble d'ordre visuo-spatial est une piste qui fait débat depuis une vingtaine d'années. En dépit de résultats antérieurs discordants chez les enfants porteurs d'un TDC¹², l'hypothèse d'un déficit de la voie visuelle dorsale, ou voie occipito-pariétale, qui présente la particularité d'être impliquée à la fois dans la perception et dans l'action et qui assure la traduction visuo-motrice, reste une piste prometteuse.

En fait, plus qu'un trouble moteur ou sensoriel isolé (qu'il conviendrait le cas échéant d'identifier comme éventuel trouble associé), il semblerait que le trouble premier des enfants présentant un TDC se situe au niveau du couplage perception-action. De nombreuses études ont apporté, en effet, des preuves expérimentales d'un déficit du couplage perception-action et d'un manque d'adaptabilité lors des situations de transition et/ou de complexification de la tâche chez les enfants présentant un TDC. Or le couplage perception-action précoce constitue le socle des représentations sensorimotrices.

Les approches récentes issues des neurosciences se développent depuis quelques années pour expliquer les mécanismes sous-jacents au TDC

Les tendances actuelles consistent à concevoir les troubles de la coordination et des apprentissages à partir d'un déficit des modèles internes, qui

12. En raison principalement du nombre peu élevé de participants et de l'hétérogénéité des échantillons.

impacterait en cascade le contrôle prédictif¹³, surtout celui qui s'exerce alors même que l'action est déjà lancée (contrôle *on-line*), et les apprentissages. Formulé depuis une quinzaine d'années et récemment étayé par des revues de questions pertinentes, ce modèle explicatif présente l'avantage majeur d'introduire de la cohérence dans une liste abondante de déficits. Il constitue à l'heure actuelle une des pistes les plus heuristiques pour comprendre le TDC. Cette hypothèse suggère que le TDC repose sur un déficit fondamental à utiliser de façon efficace les modèles internes sensorimoteurs¹⁴, eux-mêmes impactés par un couplage perception-action non optimum. Une atteinte des représentations internes compromet significativement les capacités d'anticipation et d'adaptation visuo-motrice des enfants présentant un TDC.

Le débat actuel autour de l'atteinte du contrôle anticipé *on-line* a le mérite de dissocier différentes composantes de l'anticipation, dont toutes ne seraient pas affectées, et de rapporter l'hétérogénéité de la population porteuse d'un TDC. Dans l'anticipation on distingue le long terme (avec l'utilisation des représentations sensorimotrices anciennement acquises, sollicitées dans l'exécution des gestes volontaires maîtrisés), du court terme (avec la nécessité pour des situations transitoires marquées par un changement de réactualiser ces représentations sensorimotrices qui impliquent à la fois l'inhibition et la mémoire de travail). Ainsi le déficit des représentations internes est en lien avec le développement des fonctions exécutives, qui apparaît lui-même affecté, comme indiqué plus haut.

À propos de l'hypothèse dominante du déficit des modèles internes, il convient d'apporter quelques nuances. En supprimant les comorbidités, la capacité à créer des modèles internes serait préservée, ce qui préserverait également le contrôle prédictif établi sur du long terme. En revanche, la mise à jour des modèles internes avec une forte contrainte temporelle nécessaire dans le contrôle *on-line*, les apprentissages ou adaptations sensorimotrices, serait plus spécifiquement affectée.

Au niveau cérébral, les anticipations et ajustements visuo-moteurs (impactés par un déficit des modèles internes) sont sous-tendus par une boucle cortico-cérébelleuse associant le cervelet et des réseaux fronto-pariétaux. Cela

13. Le contrôle prédictif est possible parce que les événements dans l'environnement sont gouvernés par des règles et des régularités que l'enfant va apprendre à connaître et à intégrer dans son contrôle anticipé de l'action, que ce soit par rapport à l'environnement physique (intégration des règles d'inertie ou de gravité), à son propre corps ou encore aux interactions sociales.

14. Ensemble des représentations internes renseignant sur les caractéristiques de l'action que le corps réalise et sur son interaction avec l'environnement et stockées sous forme d'informations au niveau cérébral.

conduit à formuler l'hypothèse, que l'on retrouve dans la littérature, du rôle majeur joué par le cervelet dans les troubles des apprentissages et plus spécifiquement dans le TDC.

Les résultats en neuro-imagerie concernant le TDC sont pour l'instant limités

Les attentes envers la neuro-imagerie sont importantes pour mieux comprendre les corrélats cérébraux sous-jacents au TDC et notamment déterminer les régions impliquées et la construction de leurs réseaux fonctionnels.

Les études qui se sont intéressées à cette question ont principalement utilisé l'imagerie par résonance magnétique (IRM) fonctionnelle, qui permet d'observer les activations des régions cérébrales pendant la réalisation d'une tâche cognitive, et l'imagerie structurale qui s'intéresse à l'anatomie du cerveau (volume, épaisseur corticale, connectivité anatomique). Ces travaux sont très récents et peu nombreux : les premières publications datent de 2008. Les études recensées posent de multiples problèmes méthodologiques : la taille des échantillons est parfois très faible, les enfants d'un même échantillon ont des âges très différents, les critères d'inclusion et d'exclusion ne respectent pas toujours les critères diagnostiques du trouble, et les choix d'analyse ou les aspects technologiques peuvent être discutables.

Néanmoins, la synthèse de ces travaux objective l'existence de différences au niveau cérébral entre les enfants présentant un TDC et les groupes contrôles. Ces différences apparaissent au niveau du fonctionnement cérébral évalué par l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle : les activations cérébrales lors de la réalisation de différentes tâches cognitives sont différentes chez les enfants présentant un TDC. Elles existent aussi au niveau structural quand on étudie l'épaisseur corticale, la connectivité anatomique (*via* l'imagerie par résonance magnétique de diffusion) ou les volumes corticaux.

Si l'existence d'un fonctionnement cérébral différent chez les enfants présentant un TDC semble avérée, il est impossible au vu de ces travaux de déterminer précisément les régions qui sous-tendent ce trouble. En effet, les régions observées comme fonctionnant différemment sont multiples. Le cervelet et la région pariétale ont été identifiés dans plusieurs études mais on retrouve aussi l'implication des régions frontales, des ganglions de la base, du cortex cingulaire ou du gyrus lingual. Par ailleurs, le faible nombre d'études et leur qualité ne permettent pas de conclure de façon définitive, ni d'infirmier ou de valider les hypothèses sur les corrélats neuronaux qui coexistent dans la littérature, notamment concernant l'implication du cervelet, du cortex

pariétal postérieur et du cortex frontal inférieur ou encore de la voie dorsale (occipito-pariétale) ou des boucles cortico-cérébelleuse et cortico-striatale. Les résultats ne permettent pas non plus d'identifier l'origine du trouble et ses conséquences sur les autres structures cérébrales.

Au-delà des limites liées à ces études, il est essentiel de comprendre que la neuro-imagerie n'est pas un outil de diagnostic du TDC. Aucun travail ne met en évidence de perturbation spécifique au TDC qui pourrait être considérée comme une signature du trouble. Par ailleurs, les études montrent des différences statistiques entre des groupes de sujets mais ne disent rien au niveau individuel. Il n'est donc actuellement pas envisageable de déterminer, à partir de l'analyse des images de neuro-imagerie d'un seul sujet, s'il est atteint d'un TDC. Dans ces conditions, la neuro-imagerie ne peut pas être utilisée de façon systématique dans le cadre du diagnostic du TDC. Elle peut néanmoins permettre, dans certains cas, l'élimination d'une autre cause dans le cadre d'un diagnostic différentiel ou l'identification d'un trouble associé.

Des gènes candidats ont été proposés pour le TDC, bien qu'il existe encore très peu d'études dans ce domaine

Avec le développement, ces dix dernières années, des techniques de séquençage et d'analyse du génome, de nouvelles pistes pour la recherche de gènes candidats impliqués dans un certain nombre de pathologies comme le TDC sont aujourd'hui explorées. Une étude très récente s'est intéressée aux aspects génétiques chez des enfants présentant un TDC. Cette étude a mis en évidence des variations du nombre de copies (CNV, *copy-number variations*) pour un certain nombre de gènes ou *loci* exprimés dans le cerveau et/ou impliqués dans des troubles neuro-développementaux. Environ 2/3 de ces CNV sont hérités d'un parent présentant lui-même un trouble neuro-développemental, confortant donc l'hypothèse d'une origine génétique commune au TDC et à d'autres troubles neuro-développementaux. Enfin une seconde étude, analysant les performances et les troubles moteurs et cognitifs chez des enfants présentant des anomalies du nombre de copies d'une région particulière du chromosome 16, montre que plus de la moitié de ces enfants présentent en fait un TDC. Cette partie du chromosome 16 représente donc une région d'intérêt pour la recherche de gènes candidats pour le TDC.

Par ailleurs, les études ont principalement porté sur l'origine génétique des troubles moteurs observés dans le cadre d'un TDA/H. En effet, il est actuellement admis que l'hérédité du TDA/H est élevée, et plusieurs gènes candidats ont été proposés. Partant du constat qu'environ la moitié des enfants

TDA/H présentent également un TDC, plusieurs auteurs ont proposé l'hypothèse d'une étiologie commune à ces deux troubles, et en particulier une composante génétique. Plusieurs études ont permis de confirmer cette hypothèse. Bien que les résultats soient à considérer avec prudence car établis uniquement sur l'utilisation de questionnaires pour l'estimation des troubles moteurs, le nombre très important de sujets analysés et la concordance des résultats dans les différents pays sont clairement en faveur de la validité de ces observations.

Dans tous les cas, l'identification de gènes de susceptibilité pour le TDC constituerait une avancée, en ouvrant notamment de nouvelles pistes thérapeutiques potentielles. À ce jour, quelques gènes candidats pour les troubles de la coordination motrice ont été proposés chez la souris. C'est le cas par exemple pour certains gènes impliqués dans les voies dopaminergiques, dans la communication, la croissance ou la migration neuronale. Bien que ces résultats ne soient pas directement transposables aux troubles de la coordination motrice chez l'Homme, ils offrent cependant des gènes candidats potentiels pour le TDC.

V. REPÉRAGE, ÉVALUATIONS ET DIAGNOSTIC

Le repérage des signes d'appels est un enjeu pour la mise en place d'un suivi et une prise en charge plus rapide des enfants

Plusieurs auteurs insistent sur l'importance d'un repérage de signes d'appels chez des enfants susceptibles de présenter un TDC. Si le repérage ne pré-suppose rien pour le diagnostic, il peut néanmoins permettre la mise en place d'un suivi et d'un accompagnement pour des enfants, si nécessaire, voire de déclencher une démarche diagnostique pluridisciplinaire. Le cas échéant, la prise en charge pourra être plus rapide, ce qui peut permettre de réduire les pertes de chance pour les enfants présentant un TDC et limiter le développement de troubles secondaires comme par exemple l'anxiété.

Le repérage concerne les enfants « tout-venant » et n'est pas réservé à une population spécifique. Cette étape résulte d'une démarche individuelle et repose sur l'observation faite par des professionnels ou des non-professionnels (personne concernée par le trouble, enfant, adolescent ou même plus tard, à l'âge adulte, entourage familial, proches, amis...) de difficultés dans le domaine de la motricité sans avoir eu recours à l'utilisation d'un questionnaire ou d'un test. Le repérage suppose que l'observateur a des connaissances

normées sur le développement moteur les âges clés auxquels se référer pour repérer des signes d'appels. Il faut généralement que plusieurs signes d'appels soient observés pour parler de repérage. Le critère A du DSM-5 détaille certains de ces signes comme la maladresse, la lenteur et l'inexactitude de la performance des habiletés motrices, la difficulté persistante dans l'acquisition des habiletés motrices de base (p. ex. attraper un objet, utiliser des ciseaux ou des couverts, écrire à la main, conduire un vélo ou faire du sport). Des retards marqués dans l'atteinte des jalons de la motricité du développement (p. ex. s'asseoir, ramper, marcher) peuvent être signalés. Comme cela est mentionné par le critère B du DSM, les signes d'appel doivent interférer avec la vie quotidienne ou scolaire, sociale ou de loisirs de la personne ce qui signifie qu'ils fassent l'objet d'une plainte de la part de la personne elle-même ou de son entourage. D'où l'importance à cette étape de prendre des informations auprès de plusieurs acteurs autour de l'enfant pour savoir si la ou les difficultés se retrouvent dans plusieurs situations.

Cette phase, faisant émerger la plainte, représente le déclencheur de la démarche diagnostique. Il apparaît important, à ce stade, de ne pas banaliser les difficultés observées, tout en les confrontant à l'âge de l'enfant.

Le diagnostic de TDC s'appuie sur des évaluations permettant de répondre aux critères du DSM avec l'utilisation d'outils standardisés et normés

Toute maladresse ou tout retard graphique repéré ne correspond pas forcément à un TDC. L'approche diagnostique permettra de préciser si ces signes traduisent un TDC – et dans ce cas si le TDC est associé ou non à d'autres troubles – ou s'ils traduisent en fait un autre trouble pathologique. L'approche diagnostique doit notamment permettre de distinguer un simple retard de développement moteur, qui va ensuite être rattrapé par l'enfant, d'un TDC. La notion de persistance des difficultés pour l'enfant est donc un argument à prendre en compte. De manière générale, l'approche diagnostique se base sur les critères du DSM tels que mentionnés en début de cette synthèse. Leur déclinaison clinique pose néanmoins un certain nombre de questions sur les outils à utiliser, les seuils à retenir, les professionnels impliqués et leurs rôles ou encore la démarche à suivre selon les profils. De plus, l'évaluation diagnostique ne doit pas se limiter à ces critères lorsque les profils des personnes sont particulièrement complexes, que des signes laissent supposer que d'autres fonctions sont touchées et/ou que d'autres troubles sont associés.

Classiquement, le diagnostic du TDC peut être posé dès 5 ans, âge à partir duquel le système perceptivo-moteur peut être considéré comme suffisamment établi. Néanmoins, l'*European Academy for Childhood Disability* (EACD) stipule que l'âge du diagnostic peut être avancé à 3 ans si l'enfant présente une altération marquée du développement sous réserve de la prise en considération précoce des éléments de contexte, de l'exclusion d'autres causes de retard moteur¹⁵. Dans ce cas, le diagnostic doit s'appuyer sur les résultats d'au moins deux évaluations menées à un intervalle de temps suffisant (au moins 3 mois). Cette pratique est à réaliser avec réserve compte tenu du manque de stabilité des scores obtenus aux différentes évaluations à ces âges. Quant à la dysgraphie, il est admis qu'elle peut être attestée à partir de 7 ans, soit après environ 2 ans de pratique de l'écriture manuscrite, bien que des observations puissent déjà être effectuées en maternelle. Ces seuils restent relatifs au regard de l'intensité du trouble ; une dysgraphie sévère peut être dépistée bien en amont.

Le diagnostic comporte obligatoirement une évaluation de la coordination motrice pour laquelle un test moteur normé est nécessaire mais pas suffisant

Rappelons que TDC signifie trouble développemental de la coordination. Ce trouble se caractérise donc avant tout comme une altération au niveau de la coordination motrice comme l'indique le critère A du DSM. Cette coordination doit être évaluée finement dès l'entrée dans le diagnostic avec des outils standardisés et normés pour la population correspondante. Toutes les dimensions de la motricité peuvent être touchées, l'ensemble de la motricité (globale et fine) doit donc être exploré. Mais si la coordination met en jeu la motricité, elle sollicite aussi de nombreuses autres fonctions cérébrales. Celles-ci doivent être évaluées en fonction des plaintes et des profils.

Dans tous les cas, l'entrée dans le diagnostic comporte une évaluation de la coordination motrice comme indiqué dans les critères A et C du DSM. L'aspect développemental est également souligné dans ces deux critères puisqu'il s'agit de comparer l'acquisition et l'exécution des compétences par rapport « au niveau escompté pour l'âge chronologique, etc. » et d'identifier le début des symptômes lors « de la période développementale précoce ». De récents travaux ont en effet montré l'importance de compléter l'évaluation de la performance par des mesures prenant en compte les aspects

15. Blank R, Smits-Engelsman B, Polatajko H, *et al.* European Academy for Childhood Disability (EACD) : Recommendations on the definition, diagnosis and intervention of Developmental Coordination Disorder (long version). *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 54-93.

développementaux grâce à des critères qualitatifs et quantitatifs. L'évaluation de la coordination motrice prenant en compte les aspects développementaux nécessite de réaliser une anamnèse concernant les premières années du développement et d'utiliser des outils standardisés et normés.

Il n'existe pas actuellement de *gold-standard* pour l'évaluation de la motricité. Deux types de tests sont utilisés et présentés dans la littérature pour cette évaluation. Premièrement, les tests mesurant principalement la coordination motrice par une exploration de la performance¹⁶ (*Movement Assessment Battery for Children* – MABC-2, *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency* – BOTMP, *McCarron Assessment of Neuromuscular Development* – MAND, *Test of Gross Motor Development* – TGMD). Deuxièmement, les tests évaluant principalement le développement neuromoteur sous-jacent à la fonction motrice en jeu, qui portent non seulement sur la performance motrice mais également sur des indicateurs d'un développement neurologique dans la norme en fonction de l'âge (*Batterie française d'évaluation des fonctions neuro-psychomotrices de l'enfant* – NP-Mot, *Zurich Neuromotor Assessment* – ZNA, *Peabody Developmental Motor Scale* – PDMS, *Bayley-III*).

Les tests neuromoteurs offrent une perspective développementale intéressante étant plus proches de la maturation motrice. Les tests qui présentent des mesures qualitatives et quantitatives permettent de mieux analyser la cause des déficits moteurs et par ailleurs de dépister des signes neurologiques doux notamment. Les tests de coordination motrice ont été étudiés plus largement dans le cadre de la recherche avec une visée d'évaluation globale de la motricité. Ils ont toutefois tendance à inclure des données normées pour des enfants plus âgés que les tests neuromoteurs qui saturent plus vite du fait du reflet de la maturation acquise.

Parmi les tests de coordination motrice, la MABC et la MABC-2 ont été le plus fréquemment analysées. Les fidélités test-retest et interévaluateurs sont estimées bonnes dans la majorité des études. Les résultats sont plus nuancés pour la validité de contenu. En effet, la MABC montre des limites car elle n'évalue qu'une partie de la motricité. La consistance interne est dans l'ensemble bonne, à l'exception du fait que pour la tranche d'âge 1 (3-6 ans), tous les items ne corroborent pas de manière forte. Dès lors, il semble important de considérer autant les sous-scores de la MABC que le score aux items dans le cadre de la démarche diagnostique. Rappelons à cet effet, que les recommandations européennes identifient un sous-type de TDC consistant en un faible score de dextérité manuelle équivalent ou

16. Rappelons que la performance correspond à la concrétisation d'une compétence. Elle peut être observée, mesurée.

inférieur au 5^e percentile associé à une faible écriture manuelle. Par ailleurs, une mise en garde est évoquée par quelques auteurs concernant la MABC et la MABC-2 qui peuvent pénaliser les performances des enfants ne pouvant pas se souvenir d'instructions spécifiques ou ayant des problèmes attentionnels en raison de la double tâche ou de la complexité de la tâche en jeu dans certaines consignes. Concernant la validité convergente de la MABC, les résultats sont plutôt controversés, ce qui corrobore avec une faible sensibilité témoignant d'une difficulté à identifier correctement les enfants présentant un TDC. Il apparaît donc important de compléter la démarche diagnostique avec d'autres tests mesurant la motricité. Il est également important de réaliser plusieurs évaluations en cas de non concordance entre les résultats à un test de motricité et les difficultés exprimées par l'enfant et ses parents.

Concernant plus spécifiquement l'évaluation de l'écriture manuscrite, plusieurs tests papier-crayon sont utilisés. Ils permettent d'analyser la qualité de la trace produite (lisibilité, critères géométriques, critères d'organisation spatiale, etc.) et la vitesse d'inscription (nombre de caractères ou de mots écrits par minute). Les principaux tests utilisés (*BHK*, *Minnesota Handwriting Assessment*, *Detailed Assessment of Speed of Handwriting*, *Hebrew Handwriting Evaluation*) apparaissent suffisants pour permettre un diagnostic fiable de la dysgraphie, à l'exception de ceux fondés uniquement sur l'évaluation de la vitesse. Cependant, l'évaluation du geste du scripteur n'est pas prise en considération.

Le diagnostic comporte obligatoirement une évaluation des impacts sur les activités et la participation (AVQ, scolarité, activités professionnelles, loisirs, etc.)

Comme mentionné précédemment, le TDC a des impacts importants et hétérogènes sur les activités et la participation. L'évaluation de ces impacts, correspondant au critère B du DSM, fait partie intégrante de la démarche diagnostique. Il convient de les caractériser afin de préciser le diagnostic mais aussi d'être en mesure d'orienter la prise en charge de manière pertinente. La personne (et/ou ses parents si l'enfant n'est pas en mesure de répondre de manière adéquate) doit donc être interrogée sur ces aspects, au cours de l'anamnèse et au travers de questionnaires validés.

Il existe de nombreux questionnaires pour évaluer la perception de l'impact des difficultés de coordination motrice sur la vie quotidienne chez les enfants sans que ces outils ne soient spécifiques à des individus porteurs d'un TDC. Pour les enfants, ces questionnaires sont destinés à eux-mêmes, à leurs

parents, à leurs enseignants ou encore à des professionnels de santé. Quelques questionnaires existent aussi pour les adolescents et adultes.

Les trois questionnaires les plus utilisés sont le *Developmental Coordination Disorder Questionnaire* (DCDQ), le *DCDdaily Questionnaire* et le *MABC2-Questionnaire*. Le *DCDdaily Q* est celui qui contient le plus de questions en relation avec les activités de la vie quotidienne (39 %). Le DCDQ est celui qui en présente le moins (7 %). Le MABC2-Q contient la plus importante proportion de questions en lien avec l'équilibre et la maîtrise de balles (63 %). Ces questionnaires n'évaluent donc pas les mêmes activités et par conséquent ne peuvent pas identifier les mêmes enfants mais renseigner sur des aspects différents des activités et de la participation. Il manque cependant des questionnaires spécifiques au TDC destinés directement aux enfants et aux adolescents.

La réalisation du diagnostic différentiel et la prise en compte des troubles associés sont cruciales pour établir le diagnostic

Le diagnostic du trouble repose sur un examen clinique comportant l'anamnèse, l'examen clinique proprement dit – comprenant un examen neurologique à la recherche des signes neurologiques mineurs – et sur un diagnostic d'élimination (critère D du DSM). Il apparaît en effet indispensable de procéder à un diagnostic différentiel permettant d'écarter toute autre cause pathologique pouvant expliquer le retard ou le déficit de développement moteur. La littérature indique plusieurs signes pouvant amener à demander des examens complémentaires neuropédiatriques tels qu'une IRM cérébrale et/ou médullaire, un électroencéphalogramme (EEG), un électromyogramme (EMG), des examens biologiques, un dosage des créatines phosphokinases (CPK), une recherche de cause génétique et/ou métabolique. Ces signes sont par exemple des antécédents de traumatisme crânien, un strabisme, des céphalées, des anomalies du tonus, une asymétrie de la force musculaire, etc. La présence de l'un de ces signes peut orienter vers d'autres pathologies que le TDC.

Le DSM-5 mentionne également que l'examen neurologique et l'examen de la fonction visuelle doivent faire partie du diagnostic différentiel car c'est seulement si les difficultés de coordination motrice ne peuvent pas être mieux expliquées par une déficience visuelle ou en l'absence d'affection neurologique motrice (infirmité motrice cérébrale...) que le diagnostic de TDC peut être posé. Concernant l'évaluation de la perception visuelle, il ressort de l'analyse des tests existants qu'il importe d'évaluer aussi bien la perception visuelle avec et sans exigence motrice (épreuves avec papier-crayon) afin d'identifier si les difficultés proviennent d'un déficit de coordination motrice ou de perception

visuelle. Par ailleurs, la littérature souligne l'importance de dépister notamment, *via* l'examen neurologique, un déficit moteur avéré de la commande motrice qui peut être associé au TDC, amplifiant les difficultés de coordination mais qui se différencie d'un TDC. Pour autant, dans la majorité des études analysées, ces examens n'ont pas été systématiquement réalisés.

Enfin, la fréquence importante des troubles associés et les conséquences de ces associations rendent indispensable de prendre en compte ce facteur dans l'évaluation diagnostique, en particulier de rechercher les associations avec le TDA/H et les troubles du langage écrit et oral. Cela doit permettre de clarifier ce qui relève d'un trouble concomitant ou ce qui est une conséquence du TDC et donc de préciser le diagnostic et mieux orienter les prises en charge. Là encore, dans beaucoup d'études portant sur le TDC ces précautions ne sont pas systématiquement prises.

Le diagnostic de TDC est nécessairement pluridisciplinaire, coordonné, gradué et centré sur le patient (et sa famille)

La démarche diagnostique du TDC apparaît exigeante et pluridisciplinaire. Elle ne peut donc être portée par un seul professionnel et demande la contribution de plusieurs professionnels de santé qualifiés, en lien avec la famille et les enseignants. Les publications, principalement anglo-saxonnes, insistent sur l'importance de centrer la démarche diagnostique sur la personne et sa famille. Il s'agit non seulement de saisir les impacts sur les activités et la participation mais aussi de prendre en compte le point de vue et le vécu du patient et de ses proches. Les publications insistent également sur le besoin de coordination du diagnostic et des professionnels impliqués. Peuvent ainsi intervenir, chacun dans leurs domaines de compétence, des psychomotriciens, ergothérapeutes, neuropsychologues, orthophonistes, orthoptistes, neuropédiatres... Tous ont pour mission d'émettre des avis explicites afin, d'une part, que la personne en charge de coordonner et de poser le diagnostic ait les éléments nécessaires pour le porter ou demander des évaluations supplémentaires ainsi que pour orienter la prise en charge et l'accompagnement. Dans plusieurs pays, c'est le médecin généraliste ou pédiatre qui occupe généralement ce rôle. Néanmoins, une certaine ambiguïté est notée dans des publications concernant la place de ce professionnel dans le processus au regard du peu de formation reçue sur ce trouble. D'autre part, ces avis explicites de professionnels peuvent permettre d'apporter des éléments pour évaluer le handicap dans la perspective de l'attribution de droits. Ils sont donc cruciaux.

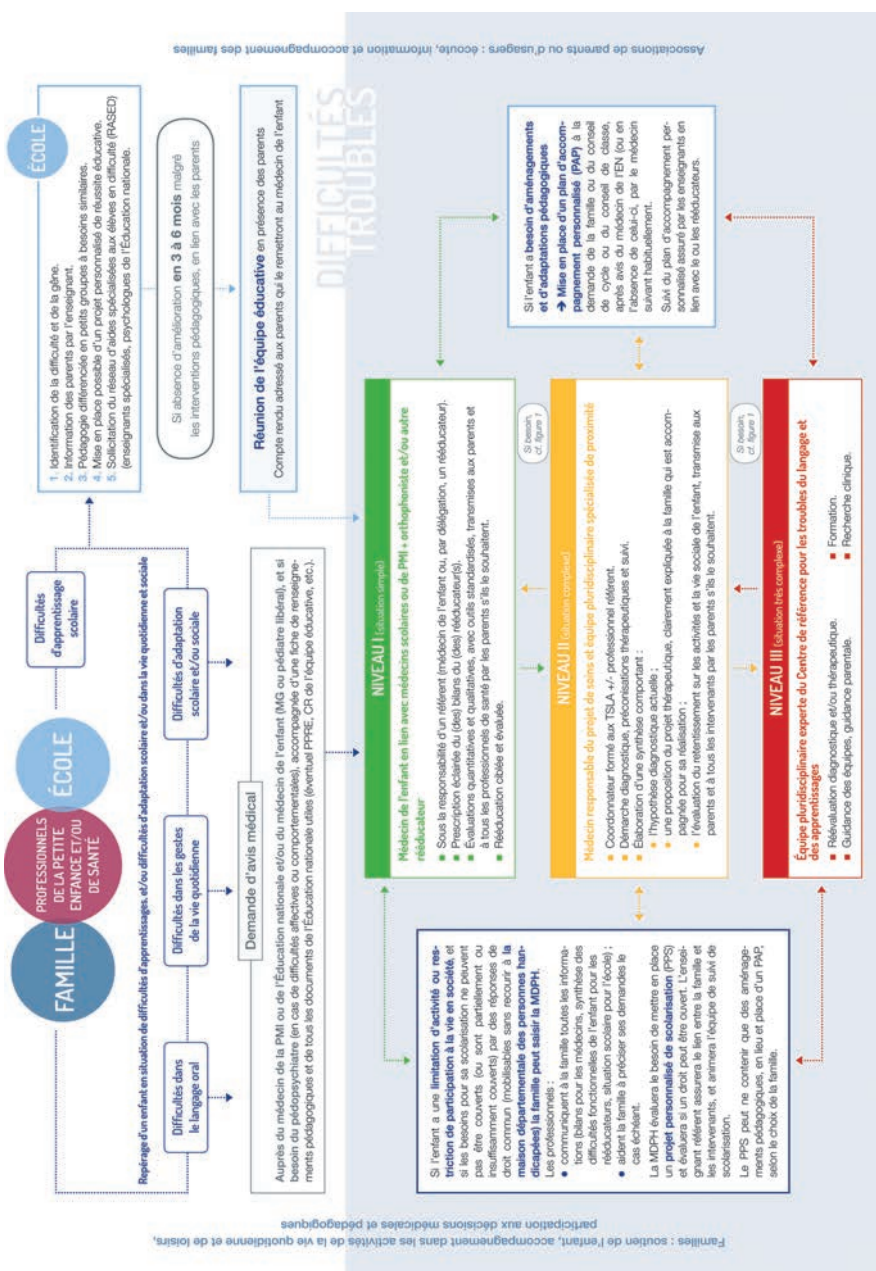
Les propos des associations de famille en France concernant le « parcours du combattant » pour accéder au diagnostic font écho à certains articles portant sur d'autres pays qui mentionnent que le diagnostic serait porté en moyenne 2 ans après la survenue des premiers signes faisant l'objet d'une plainte. De plus, les parents se sentent généralement peu accompagnés dans cette démarche. Si l'on se réfère au rapport de la Commission nationale de la naissance et de la santé de l'enfant¹⁷ et plus récemment aux travaux de la Haute Autorité de santé¹⁸, l'amélioration des parcours de soin (ou parcours de santé¹⁹) des enfants avec des troubles spécifiques du langage et des apprentissages, dont fait partie le TDC, passe par une organisation graduée en 3 niveaux telle que présentée dans le schéma qui suit. Si peu de publications scientifiques portent sur cette organisation, celle-ci fait toutefois sens au regard de l'hétérogénéité clinique relative au TDC constatée dans la littérature et en clinique.

Dans ce modèle, le premier niveau correspond à l'intervention du médecin traitant référent, médecin généraliste ou pédiatre. Le rôle du médecin est ici de prendre en compte la plainte de la part des parents, de l'enfant ou adolescent, ou de la part d'un enseignant ou d'un autre professionnel de santé. Ce médecin formé au repérage des signes d'appel dans ce domaine doit procéder à un examen clinique comportant l'anamnèse, l'examen clinique et le diagnostic différentiel. Au terme de cette première étape diagnostique, il adressera l'enfant ou l'adolescent à un professionnel de santé tel qu'un psychomotricien ou ergothérapeute qui pourra réaliser des évaluations standardisées et normées dans le domaine moteur. Si le diagnostic de TDC est confirmé, le médecin prescrira alors une intervention thérapeutique. Si après un certain temps le trouble résiste à l'intervention thérapeutique ou si le trouble s'accompagne d'emblée de troubles associés, le médecin de niveau 1 pourra faire relai avec un médecin plus spécialisé dit de niveau 2 ou un dispositif dit de niveau 2 qui mobilise des équipes spécialisées pluridisciplinaires de proximité avec une prise en charge selon une base neurocognitive ou sensorimotrice. Enfin, l'enfant ou adolescent sera adressé au niveau 3, centre de référence hospitalier, chaque fois que le diagnostic reste non posé et le traitement en échec malgré les interventions de niveau 1 et de niveau 2.

17. Commission nationale de la naissance et de la santé de l'enfant (CNNSE). *Parcours de soins des enfants et des adolescents présentant des troubles du langage et des apprentissages*. Paris, CNNSE, 2013.

18. Haute Autorité de santé (HAS). *Comment améliorer le parcours de santé d'un enfant avec troubles spécifiques du langage et des apprentissages ?*. Saint-Denis, HAS, 2017.

19. La HAS s'est intéressée au parcours de santé qui intègre les parcours de soin mais les dépasse pour penser leur articulation avec les parcours de scolarisation.



Vue d'ensemble du parcours de santé des enfants avec troubles spécifiques du langage et des apprentissages (HAS, 2017)

Nous remercions la Haute Autorité de santé de nous avoir autorisés à reproduire cette figure. Elle est également consultable sur le site www.has-sante.fr rubrique *Outils, Guides & Méthodes*. Cette figure est tirée du guide : Haute Autorité de santé (HAS). *Comment améliorer le parcours de santé d'un enfant avec troubles du langage et des apprentissages*. Saint-Denis, HAS, 2017.

VI. LES INTERVENTIONS

Des interventions variées dont l'efficacité dépend du profil de la personne atteinte de TDC

Le terme « intervention » que l'on retrouve en général dans la littérature scientifique couvre plus largement un certain nombre d'activités de rééducation, remédiation ou de compensation destinées directement au patient ou des prestations indirectes visant des modifications de l'entourage de la personne concernée.

L'analyse de la littérature scientifique concernant les interventions auprès de personnes présentant un TDC a pris pour cadre de référence la Classification internationale du fonctionnement et de la maladie : version pour enfants et adolescents (CIF-EA). Les études mesurant l'efficacité d'interventions ont été classées sur l'axe « fonctions, activité et participation ». Ont été ainsi identifiées, 3 catégories d'interventions qui visent principalement l'amélioration : (1) des fonctions, (2) des fonctions et des activités, (3) des activités et de la participation. Cette classification des approches a été réalisée en considérant non seulement le type d'interventions mais également les mesures de résultats. Dans les différentes études recensées, les interventions sont dispensées soit par des chercheurs, soit par des professionnels.

De manière générale, l'analyse de cette littérature montre que les interventions nécessitent d'être pensées différemment selon l'âge de la personne, son profil (sévérité du trouble, troubles associés, compétences verbales) et ses besoins. Par exemple, chez le jeune enfant, les interventions prendront en compte plus particulièrement les fonctions pour ensuite tenir de plus en plus compte des activités et de la participation.

Une efficacité est retrouvée, quel que soit le type d'intervention

Avant de présenter les interventions qui apparaissent comme les plus efficaces pour certains profils d'enfants, il convient de mentionner les facteurs récurrents qui influencent les résultats des études quelle que soit l'intervention analysée. Ces facteurs concernent à la fois le design des études, les modalités des interventions ainsi que les profils des patients et l'implication des proches. Premièrement, concernant le design des études, il apparaît que les études dont le groupe contrôle ne bénéficie pas d'intervention identifient quasi systématiquement des résultats supérieurs pour le groupe expérimental. Alors que les études comparant deux interventions ne mettent pas forcément en évidence

de différence entre les deux. Deuxièmement, la fréquence et la durée des interventions sont également importantes. En effet, une intervention hebdomadaire est plus efficace qu'une intervention plus espacée et une durée de 12 à 16 séances montre une efficacité plus importante que celle d'une intervention de 4 à 8 séances. Troisièmement, la participation des parents à l'intervention est importante car ils peuvent jouer le rôle de relais pour les actions ou stratégies travaillées durant des interventions. L'éducation des parents et des professionnels est également un point important pour leur permettre de faire face aux difficultés de l'enfant. Quatrièmement, le profil des enfants inclus dans les études joue un rôle. Les enfants qui ont une atteinte légère de la motricité et pas ou peu de troubles associés progressent plus rapidement que les enfants plus sévèrement atteints ou avec des troubles associés. C'est probablement pour cette raison que les études réalisées dans le cadre scolaire en ayant identifié les enfants sur la base d'un score inférieur au 15^e percentile trouvent une efficacité des interventions en groupe, ce qui n'est pas le cas pour les études réalisées avec un recrutement en clinique.

Des interventions en groupe portant sur les fonctions sont particulièrement intéressantes pour les enfants présentant des difficultés modérées

Les approches visant l'amélioration des habiletés motrices fondamentales auprès d'un groupe de jeunes enfants identifiés dans le cadre scolaire et ne présentant que des difficultés modérées au niveau de la motricité offrent un niveau de preuve modéré. Les enfants avec un profil complexe et sévèrement atteints bénéficient dans une moindre mesure des interventions en groupe ; des interventions individuelles apparaissent préférables.

En effet, la majorité des études concernant des interventions en groupe a porté sur l'analyse des interventions centrées sur les fonctions, et a inclus uniquement une mesure de résultats sur les fonctions. Dans cette catégorie d'études, nous avons identifié 13 études cliniques randomisées, dont l'intervention a été réalisée en groupe et visait l'amélioration soit des habiletés motrices fondamentales, soit des fonctions motrices comme la force ou l'équilibre, voire l'endurance. Dans neuf études, le groupe contrôle ne bénéficiait pas d'intervention et dans quatre études, le groupe contrôle recevait une intervention. Dans le premier groupe d'études, des améliorations significatives ont été identifiées dans la grande majorité des publications (7/9) tandis que dans la deuxième catégorie des études, aucune des quatre approches n'a pu mettre en évidence de supériorité d'une intervention par rapport à une autre. Après l'intervention, les enfants plus légèrement atteints enregistrent

des résultats dans la moyenne à un test de motricité tandis que les enfants plus sévèrement atteints présentent des résultats encore inférieurs à la moyenne. On retiendra également dans certains travaux en sciences du mouvement, les effets bénéfiques d'interventions en activités physiques adaptées sur les fonctions attentionnelles et motrices. Il en résulte donc que les interventions en groupe portant sur les fonctions motrices ont une efficacité pour améliorer ces fonctions chez des enfants.

Les études analysant l'efficacité des interventions individuelles améliorant les fonctions incluent des interventions très diverses comme une thérapie équestre, l'approche Halliwick²⁰, la thérapie physique, l'imagerie motrice ou une intervention de type orthoptique ou visuel. La grande majorité des études ne parviennent pas à objectiver des améliorations significatives à l'exception de la thérapie orthoptique mais l'étude porte sur un nombre trop peu important d'enfants (n=11) pour établir un bon niveau de preuve. L'efficacité d'interventions individuelles portant sur les fonctions ne peut pas être objectivée au vu de ces études.

Les approches visant à la fois les fonctions et les activités offrent un niveau de preuve modéré

Dans les interventions visant à la fois les fonctions et les activités sont comprises les interventions perceptivo-motrices, les approches avec les jeux vidéo et l'approche *Neuromotor task training*. Il ressort que la majorité des études (8/11) objective une efficacité des interventions, sans pour autant qu'il soit possible de conclure à une meilleure efficacité par rapport aux interventions visant uniquement les fonctions. Elles offrent en revanche une plus grande diversité que les interventions portant uniquement sur l'entraînement moteur, permettant ainsi de mieux répondre aux besoins de l'enfant et de ses parents. Par ailleurs, comme le *design* de ces études est discutable car plusieurs d'entre elles n'ont pas de groupe contrôle et/ou un faible nombre de participants, elles ont un niveau de preuve modéré.

L'approche CO-OP peut être intéressante pour les enfants présentant de bonnes compétences verbales

L'approche *Cognitive Orientation to Occupational Performance* (CO-OP) pour les enfants présentant de bonnes compétences verbales offre également un niveau de preuve modéré, et ce, uniquement pour la perception subjective des changements mais pas pour la motricité.

20. Méthode qui vise à rendre l'enfant à l'aise dans l'eau et qui débute un enseignement de la natation sur le dos.

L'approche CO-OP est une démarche fondée sur l'approche centrée sur le sujet. Elle s'inspire de la remédiation cognitive avec l'emploi de la verbalisation d'auto-instruction et les stratégies globales de résolution de problèmes qui favorisent le développement de la métacognition. Elle comprend six étapes principales : le thérapeute utilise (1) la mesure canadienne du rendement occupationnel (MCRO) pour identifier les trois activités que l'enfant souhaite améliorer. Ensuite, il réalise (2) une analyse dynamique de la performance permettant d'identifier les difficultés de l'enfant à réaliser une activité. Après l'évaluation, le thérapeute enseigne (3) la stratégie cognitive globale : « pose un but, planifie, réalise, vérifie » et utilise pour ce faire une marionnette qui porte le nom de la stratégie globale. Ensuite, il réalise une activité en employant la stratégie globale. Les parents observent la séance et imaginent comment ils pourraient employer cette activité à la maison. Puis, il identifie des (4) stratégies spécifiques pour des difficultés particulières de réalisation de l'activité. Elles peuvent porter sur la position du corps, sur le fait de sentir le mouvement ou des stratégies d'auto-instruction verbale. Ensuite, un (5) transfert des acquis dans la vie de tous les jours est renforcé par le biais des parents ou des personnes gardant l'enfant. Une dernière étape (6) prévoit la réévaluation avec la MCRO notamment.

Les interventions visant l'amélioration des fonctions et des activités et considérant la participation apparaissent prometteuses

Les interventions visant les activités et la participation intègrent des interventions en ergothérapie et psychomotricité dont les approches CO-OP mais aussi les interventions visant la compensation du handicap. Ces dernières visent à changer l'environnement plutôt que l'enfant, notamment en proposant le recours à un ordinateur ou une tablette pour pallier des difficultés d'écriture manuscrite mais d'autres propositions existent aussi pour faciliter la vie quotidienne des enfants dans le cadre scolaire ou familial.

Les approches visant les activités et la participation et correspondant aux besoins de l'enfant dans son contexte de vie sont prometteuses car elles contribuent à une meilleure qualité de vie de l'enfant et de ses parents. Une revue de littérature qualitative portant sur des études réalisées auprès d'enfants bénéficiant d'approches en ergothérapie et de leurs parents montrent que les interventions incluant des jeux et des activités motrices qui favorisent la participation sociale sont les plus efficaces selon les parents et les enfants. Une autre revue systématique confirme que les interventions centrées sur les occupations (activités menées dans le contexte de vie) sont les plus efficaces.

Le niveau de preuve reste cependant faible du fait notamment que la principale mesure de résultats est la MABC (1 ou 2) et que très peu d'études incluent une mesure de résultats sur les activités et la participation, encore moins sur la qualité de vie. Il est donc difficile de pouvoir actuellement décrire une amélioration aux différents niveaux de la CIF pour les différentes interventions. Des études cliniques randomisées nécessitent donc d'être menées avec ce type de mesures pour affirmer une meilleure progression des enfants.

La remédiation de l'écriture doit intégrer de l'écriture sur un certain nombre de séances consécutives

Le but de la remédiation est de permettre à l'enfant de retrouver une écriture fonctionnelle en classe, c'est-à-dire une lisibilité et une vitesse suffisantes sans surcharge cognitive. La thérapie s'organise autour de l'enfant en lien avec les parents et les enseignants qui ont un rôle à jouer dans l'accompagnement et la généralisation des acquis en séance. Les articles scientifiques semblent corroborer les dires des praticiens sur l'utilité de la remédiation de l'écriture pour de nombreux enfants présentant un TDC mais les preuves apportées sont encore limitées.

On distingue classiquement deux types d'interventions : les thérapies orientées sur le déficit ou les processus, visant à restaurer les fonctions altérées, et celles orientées sur la performance ou la tâche, qui cherchent à accroître l'activité et la participation de l'enfant, en utilisant des interactions constantes entre le sujet, l'environnement et l'activité travaillée. Au travers des articles scientifiques actuellement disponibles, on constate que plusieurs méthodes de remédiation de la dysgraphie ont été développées, fondées sur ces deux types d'interventions : approches cognitives, sensorimotrices, ciblées sur la tâche, ciblées sur le déficit, etc. Les méta-analyses scientifiques montrent une efficacité nettement supérieure des méthodes ciblant des habiletés spécifiques. Cependant, très peu des approches mentionnées ont clairement été validées par une étude portant sur un nombre suffisant de sujets. Il n'existe à l'heure actuelle aucune méthode générique établie et consensuelle pour la rééducation de la dysgraphie. Ceci s'explique principalement par la grande hétérogénéité des troubles d'écriture manuscrite observés chez ces enfants qui requiert une adaptation de la méthode de remédiation aux difficultés propres de chaque enfant, à son âge et/ou son niveau d'acquisition de l'écriture. Il semble en fait que la combinaison de plusieurs approches agissant sur différentes composantes (sensorimotrices, visuo-spatiales, cognitives, etc.) soit intéressante et que la méthode de remédiation doit être mise en place au cas par cas par le praticien.

La littérature pointe néanmoins un certain nombre d'éléments comme étant à évaluer et à prendre en compte avant la mise en place d'une remédiation : (i) les facteurs propres à l'enfant (nature des déficits moteurs ou sensorimoteurs, évaluation de l'intégration visuo-motrice, dextérité manuelle, attention visuelle, etc.), (ii) les facteurs environnementaux (style d'écriture, quantité de pratique de l'écriture, position d'écriture, etc.), et (iii) le stade d'acquisition de l'écriture de l'enfant (phase de préapprentissage, phase de maîtrise). Un diagnostic différencié et individualisé est donc essentiel en amont afin de permettre la prise en charge la mieux orientée possible.

Enfin, deux facteurs essentiels contribuent à l'efficacité d'une rééducation : (i) celle-ci ne peut être efficace que si elle inclut des exercices d'écriture, et (ii) la durée de la rééducation est un facteur essentiel de réussite (un minimum de 20 séances semble être requis). L'âge du début de l'intervention est également déterminant dans sa réussite. En outre, la remédiation est plus efficace si la famille est impliquée et aide le sujet dans sa pratique autonome de l'écriture. L'implication des enseignants est également un facteur supplémentaire de réussite de la remédiation, en particulier dans le contexte de l'école primaire.

Enfin, la question de l'arrêt de la remédiation est également importante. Il apparaît que l'écriture de l'enfant doit être systématiquement évaluée avant et après remédiation, afin de valider l'efficacité de celle-ci et d'en décider l'arrêt ou la poursuite. La balance bénéfice/coût cognitif est primordiale dans cette décision, l'objectif étant de permettre à l'enfant d'avoir une écriture fonctionnelle en classe, et non coûteuse d'un point de vue cognitif. La remédiation sera interrompue lorsque l'objectif est atteint, ou lorsqu'il est évident pour le praticien qu'il ne pourra pas l'être.

Théoriquement, des outils de compensation et des aménagements sont proposés à l'enfant à l'école chaque fois que son écriture n'est pas suffisamment fonctionnelle (en matière de vitesse et de qualité) pour lui permettre de répondre aux exigences scolaires que ce soit pendant la remédiation ou à son issue. Lorsque ces adaptations sont proposées en même temps que la remédiation, une attention particulière est à porter à l'articulation entre les deux démarches pour ne pas démotiver, ni trop charger l'enfant. À noter néanmoins que la littérature aborde peu ce sujet alors même que l'usage de moyen de compensation est à la fois recommandé et semble être une pratique courante.

Des modèles d'interventions intégrant les facteurs environnementaux et de la « prévention » offrent des modélisations intéressantes pour articuler plusieurs types d'interventions

Les interventions doivent favoriser la participation de l'enfant et ne pas se fonder uniquement sur l'enfant et ses parents mais prendre aussi en compte des facteurs environnementaux comme les pairs, les professionnels dispensant des offres de loisirs, les politiques et la communauté de manière plus générale. Les interventions indirectes, qui peuvent être adressées aux parents, aux enseignants ou autres professionnels et qui intègrent souvent de la « prévention », ont été introduites depuis les années 90 dans les pays anglo-saxons pour les enfants présentant des troubles du langage. Concernant le domaine de la coordination motrice, plusieurs modèles ont été développés récemment. Mais ils n'ont pas encore bénéficié d'études mesurant leur efficacité.

Le modèle de réaction à l'intervention (RTI) offre une modélisation particulièrement intéressante des niveaux d'intervention. Il s'inspire des modèles de prévention des maladies en santé publique basés sur une conception à trois niveaux avec la prévention primaire, secondaire et tertiaire. Le modèle RTI a été initialement développé pour des enfants présentant des difficultés de lecture. Mais ensuite, il s'est généralisé notamment avec le programme aux États-Unis « *No child left behind* ». Ce modèle peut prendre différentes formes mais comprend classiquement trois niveaux. Le premier niveau renforce les compétences des enseignants à développer des stratégies d'enseignement adaptées aux difficultés des enfants. Suivant les approches, ils sont également formés à faire passer des évaluations pour repérer les enfants posant des difficultés. Ensuite, les enfants posant des difficultés reçoivent un enseignement supplémentaire en petits groupes (niveau 2). Enfin, les enfants dont les difficultés sont sévères et complexes reçoivent des prestations individuelles et intensives (niveau 3). Ce modèle contribue ainsi à planifier, coordonner et organiser les différentes actions que ce soit au niveau de l'éducation ou de la santé publique et à créer des filières de prise en charge. L'efficacité d'interventions ne peut pas se penser sans l'action des différents acteurs et sans moyens de mesure qui intègrent la réalisation des activités et la participation de l'enfant que ce soit aux niveaux familial, scolaire ou social. Ce modèle pourrait être développé pour les enfants rencontrant des difficultés de coordination motrice. Le premier niveau porterait sur les programmes visant à renforcer les habiletés motrices fondamentales dans le cadre scolaire. Le deuxième niveau inclurait les interventions en petits groupes pour les enfants présentant de faibles compétences motrices et le troisième niveau viserait les enfants qui présentent un TDC sévère et des troubles associés.

Le modèle *Partnering for Change* (P4C) conçu en Ontario spécifiquement pour la collaboration des ergothérapeutes dans le cadre scolaire paraît également intéressant. Il vise à modéliser les différentes actions que l'ergothérapeute offrira aux enseignants et aux enfants en 3 niveaux. Dans le cadre du premier niveau, les ergothérapeutes cherchent à renforcer les connaissances des enseignants sur le développement moteur et leurs capacités à stimuler ce développement. Dans le deuxième niveau, ces professionnels ont pour but de soutenir l'enseignant à adapter son enseignement pour les enfants présentant des difficultés de coordination motrice. Dans le troisième niveau, les ergothérapeutes observent l'enfant posant des difficultés, ils analysent son activité et proposent des stratégies spécifiques et individuelles pour chaque enfant. Une étude sur l'implémentation de cette méthode a montré divers bénéfices : diminution des listes d'attente pour des prestations, améliorations de relations entre enseignants et ergothérapeutes, développement des compétences des enseignants pour adapter leurs enseignements et augmentation de l'utilisation par les enfants des stratégies apprises dans le cadre scolaire.

Enfin, le modèle *Apollo Service Delivery*, développé au Québec pour des enfants présentant des troubles du développement, vise à organiser les interventions communautaires, en groupe et individuelles. Il définit également les étapes de l'intervention allant du premier contact au processus de suivi et a été adapté pour les enfants présentant un TDC. Les interventions communautaires visent à développer la connaissance du TDC et de ses répercussions dans la vie de tous les jours auprès des enseignants, des animateurs sportifs ou éducateurs. Ces interventions se déclinent sous forme de conférences, cours ou ateliers permettant non seulement de connaître mieux ce trouble mais également de savoir le gérer. Les interventions de groupes concernent en général des enfants avec des difficultés d'importance légère à moyenne et peuvent avoir différentes finalités que ce soit pour l'amélioration de l'écriture, du calcul ou des aptitudes physiques. Les enfants avec un profil complexe bénéficieront d'une intervention individuelle fondée sur les preuves scientifiques. Qu'elles soient individuelles ou de groupe, les interventions vont varier en fonction de l'âge de l'enfant.

Les prestations indirectes ou de consultation peuvent être adressées aux parents comme aux enseignants ou autres professionnels. Elles peuvent être associées à des prestations directes notamment au moment de l'évaluation ou de séances permettant d'identifier les stratégies et conseils à promouvoir auprès des différents partenaires.

VII. POLITIQUES PUBLIQUES, ACTEURS DE LA PRISE EN CHARGE ET SCOLARITÉ

Les personnes présentant un TDC entrent dans le champ international et français du handicap et relèvent des lois nationales sur le handicap

Il est aujourd'hui reconnu que les personnes présentant un TDC entrent dans le champ du handicap. En attestent notamment de nombreux rapports récents et textes de politique publique nationaux ainsi que les travaux internationaux rapportant les limitations d'activités et les restrictions de participation dans les activités de la vie quotidienne ainsi que dans le cadre scolaire de ces personnes. Pourtant, cette inclusion ne va pas de soi et résulte d'un processus historique d'extension du champ du handicap et de l'élargissement de la définition.

Une progressive hybridation du modèle médical et du modèle social du handicap

Au niveau international, la question du handicap a connu une évolution importante lors des dernières décennies du XX^e siècle et des premières du XXI^e siècle. Cette transition traduit conjointement un changement dans les revendications des militants de la cause des personnes handicapées et une reconceptualisation théorique des recherches en sciences sociales sur le handicap. Il y aurait un changement de « modèle » du handicap : d'un modèle qualifié de médical par ses détracteurs, dans lequel le handicap est principalement lié à une déficience, on serait passé à un modèle social insistant davantage sur la dimension sociale et les droits des personnes concernées. Pour ce modèle, la société crée le handicap du fait des obstacles physiques, sociaux et culturels, que rencontrent les personnes. Une autre critique du modèle médical du handicap est d'ordre scientifique et souligne l'instrumentalisation de la médecine par un dispositif technico-administratif avec un savoir construit par et pour l'administration. L'ensemble de ces critiques a produit des effets sur les politiques au niveau international et a donné lieu au concept de « situation de handicap », présent notamment dans la Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF). Par ailleurs, en lien avec le modèle social du handicap, la question des droits des personnes handicapées a pris une place croissante dans les politiques publiques des dernières décennies. À l'échelle internationale, on retiendra donc qu'il y a une hybridation des modèles.

Concernant la France, en plus de cette influence internationale, l'échelon européen a aussi joué un rôle dans la définition des politiques du handicap.

Dans les pays européens, la politique du handicap fait partie historiquement de la protection sociale et s'est développée en parallèle d'autres domaines d'action publique. La « non-discrimination » est envisagée comme un nouveau type de politique sociale. De 1958 à 2005, la politique européenne a surtout été incitative, posant peu de contraintes légales ou financières. Elle a néanmoins largement influencé la politique française bien que cela n'ait pas été explicite. Ainsi, la politique des droits des personnes handicapées en France résulte de circulations internationales des catégories de classification du handicap mais aussi de revendications militantes.

En France, les personnes présentant un TDC relèvent de la loi de 2005 sur le handicap

En France, du début du XX^e siècle au début du XXI^e siècle, la prise en charge des personnes considérées comme étant « en situation de handicap » s'est d'abord faite avec la création d'un milieu protégé (en matière d'emploi mais aussi de scolarité, avec l'éducation « spéciale ») puis à travers la promotion de la normalisation et de l'intégration puis de l'inclusion. Dans ce processus, la date de 1975 a constitué un tournant avec le vote de la loi d'orientation en faveur des personnes handicapées qui ouvre des droits pour toutes les catégories de ceux qu'on appelait jusqu'alors « infirmes » au sein d'une catégorie unifiante. On notera néanmoins que le texte ne définit pas la population cible²¹. C'est la loi du 11 février 2005 qui propose la première définition précise du handicap dans un texte juridique de référence. « *Constitue un handicap, au sens de la présente loi, toute limitation d'activité ou restriction de participation à la vie en société subie dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un polyhandicap ou d'un trouble de santé invalidant.* » L'un des effets de cette évolution est d'inclure dans le champ du handicap des populations qui n'en faisaient pas partie auparavant. C'est le cas pour les personnes – principalement des enfants d'âge scolaire – présentant un TDC. Cette loi s'appuie sur deux principes. D'abord, le principe d'accessibilité, un principe de droit commun, qui touche des domaines très différents de la vie sociale, relève de multiples codes (civil, santé publique, sécurité sociale, marchés publics, etc.) mais dont la définition n'est pas pour autant très explicite. Ensuite, le principe de compensation, relevant d'un régime d'exception. Alors que le handicap a d'abord été traité comme une catégorie à part, l'objectif

21. Il revient alors aux commissions spécialisées relatives au travail (Cotorep – commission technique de reclassement et d'orientation professionnelle) ou à l'éducation (CDES – commission départementale de l'éducation spéciale) d'attribuer le statut de personne handicapée selon un guide-barème spécifique (qui reste en vigueur jusqu'en 1993).

des politiques et rapports publics les plus récents est de mettre en place un droit commun le plus englobant afin que ce qui relève spécifiquement du handicap soit le plus subsidiaire possible.

La difficile application de la loi de 2005 et sa dimension médico-administrative *via* les MDPH

La loi de 2005 marque une rupture dans les modes de définition du handicap et a transformé les fonctionnements institutionnels. Le handicap est alors devenu un secteur d'action publique à part entière. Pourtant, cette évolution ne va pas sans poser de questions pratiques. On retiendra notamment que le handicap renvoie à des domaines différents de la vie sociale et de l'action publique, à des situations extrêmement variées et implique une multiplicité d'acteurs. Une autre caractéristique de cette politique est l'évolution vers la promotion d'un droit individualisé prenant en compte l'environnement et le projet. Alors qu'auparavant dominait une prise en charge en institution, l'accompagnement dans des parcours personnalisés est promu dans les politiques actuelles. Cela impose une transformation des secteurs sanitaire, médico-social et social et de leurs interactions. Les liens avec le secteur scolaire sont redéfinis avec la notion de parcours et l'articulation entre les réponses relevant du droit commun et celles spécifiques.

Par ailleurs, on assiste également à une évolution vers une logique d'activation individuelle des droits. L'un des effets majeurs induits par la loi de 2005 sur le handicap est la création des maisons départementales des personnes handicapées (MDPH) auxquelles vont être adressées les demandes. Deux logiques ont présidé à leur mise en place : d'une part, une logique de service à l'utilisateur avec la création d'un « guichet unique » du handicap ; d'autre part une logique de transformation de l'action publique. Les MDPH sont placées sous la tutelle des départements, ce qui explique la variété des situations locales attestée par divers travaux ainsi que par les associations de familles.

Dans les cas concernant des enfants, les MDPH sont saisies par les familles. Les dossiers qu'elles constituent sont transmis à une équipe d'évaluation pluridisciplinaire, puis à la commission des droits et de l'autonomie des personnes handicapées (CDAPH). Les CDAPH sont des commissions partenariales qui ont pour fonction d'attribuer des droits aux usagers et d'octroyer au cas par cas des prestations sur la base de l'évaluation du handicap (et non des déficiences). Peuvent par exemple être financés des interventions ou des

moyens de compensation en milieu scolaire. Les associations d'usagers²² y sont représentées. Les travaux de recherche sur ces commissions montrent notamment qu'elles ont à traiter un nombre considérable de dossiers au regard de leurs moyens, qu'elles sont soumises à des contraintes d'efficacité de type gestionnaire et qu'elles traitent donc de nombreux dossiers de manière quasiment automatisée, enfin que leur fonctionnement est peu formalisé. Le droit à la compensation apparaît comme un point particulièrement problématique, car il implique de mesurer le surcoût du handicap. Par exemple, des allocations comme l'allocation d'éducation de l'enfant handicapé (AEEH) sont censées financer des rééducations et non des soins, mais la limite est difficile à poser. Les travaux sur le sujet rapportent que, dans les faits, tous les dossiers ne sont pas examinés en CDAPH, et que ce sont souvent les équipes pluridisciplinaires, dont la composition varie selon les départements, qui réalisent l'essentiel du travail d'évaluation. Leur travail consiste en une lecture du projet de vie, des documents médicaux et paramédicaux, du bilan social et des éléments scolaires. Plusieurs travaux montrent que la dimension physiologique du handicap demeure dans la pratique courante avec par exemple le recours à un guide-barème s'appuyant sur des considérations médicales et une prépondérance des enjeux médicaux et psychologiques. Concernant les enfants, les enjeux scolaires semblent tout de même prendre une place plus importante, notamment *via* les guides d'évaluation des besoins de compensation en matière de scolarisation (GEVA-Sco). Enfin, les différents travaux sur le fonctionnement des MDPH tendent à montrer que la place des usagers y est limitée. Sur ce point on peut regretter l'absence de travaux sur les MDPH du point de vue des usagers.

Si la loi de 2005 marque bien une rupture dans les modes de définitions du handicap et a transformé les fonctionnements institutionnels avec la création des MDPH, en pratique, on assiste en fait moins au passage d'un « modèle médical » à un « modèle social » qu'à la superposition des modèles avec une dimension médico-administrative importante, malgré la prise en compte de facteurs sociaux et environnementaux. Identifier cette dimension permet de comprendre un ensemble d'incompréhensions et de lourdeurs administratives, dans la gestion des dossiers notamment.

22. Leur place doit être d'environ un tiers des membres. Toutes les associations ne peuvent être représentées.

Une littérature « à l'interface » permet d'appréhender les acteurs et leurs pratiques mais sa portée est très limitée et laisse encore de nombreuses zones d'ombres

Des pratiques professionnelles difficiles à saisir

La pluridisciplinarité est essentielle dans le suivi et la prise en charge des individus présentant un TDC, que ce soit pour le diagnostic, l'articulation entre plusieurs interventions ou la mise en place de moyens de compensation, à l'école par exemple. La division du travail entre acteurs, relevant de domaines différents ou non, ainsi que la coordination entre ces acteurs sont donc des questions centrales. Néanmoins, dans une perspective sociologique, la littérature concernant le TDC est assez pauvre sur ces aspects, la division du travail étant beaucoup plus difficile à appréhender dès lors qu'elle associe des professionnels exerçant en libéral. Les quelques publications identifiées se situent souvent à l'interface entre littérature professionnelle et scientifique et sont peu exhaustives au regard de la diversité de professionnels impliqués et des situations d'exercice de leurs métiers (en institution ou en libéral). Elles permettent toutefois de saisir des pratiques mais présentent des résultats scientifiques de portée assez limitée. Les informations concernant la coordination sont encore plus sporadiques.

Par ailleurs, les publications considérées portent sur des questions de recherche révélatrices des contextes intellectuels et politiques dans lesquels elles ont été produites. Ainsi, les publications en provenance du Royaume-Uni – qui s'appuient sur le corpus de données le plus pertinent – envisagent les perceptions des acteurs. Les articles canadiens sont consacrés essentiellement au travail des *occupational therapist*, un groupe professionnel qui occupe dans ce pays une position déterminante dans la prise charge du handicap. Les publications françaises sont pour leur part, essentiellement descriptives.

On voit ainsi que les thérapeutes (correspondant principalement aux ergothérapeutes et psychomotriciens dans le cadre français) ont une place particulière dans les articles sans pour autant que leur travail réel ne soit analysé, ni les conditions de ce dernier. On a donc principalement accès aux dimensions officielles de leur activité mais pas aux pratiques plus informelles. Les médecins généralistes sont aussi cités car ils figurent parmi les premiers professionnels consultés par les parents qui constatent des difficultés motrices chez leurs enfants. Malgré leur rôle de coordination des parcours diagnostiques et de soins, ils font état de leurs faibles connaissances du TDC. À noter qu'en France, les orthophonistes sont fréquemment consultés pour des

enfants d'âge scolaire bien que le TDC ne fasse pas partie des compétences qui leurs sont reconnues. Leur prise en charge par l'Assurance maladie, contrairement aux psychomotriciens et ergothérapeutes peut expliquer en partie ce phénomène.

Outre les publications scientifiques, la littérature grise disponible indique également que les bilans et prises en charges représentent un coût considérable qui reste le plus souvent à la charge des familles. On observe également que la coordination entre les différents professionnels impliqués, bien qu'elle ne soit pas un objectif explicite des politiques du handicap, rencontre un certain nombre d'obstacles. Lorsqu'elle est réalisée, elle repose souvent sur le travail des parents.

Les personnes présentant un TDC, leurs familles et les associations de familles ont une place marginale dans les publications

Les articles recensés traitent peu des personnes présentant un TDC autrement que comme patients, objets du travail diagnostique et de rééducation, alors même qu'elles sont les premières concernées et qu'elles peuvent être considérées comme des acteurs de leur prise en charge. L'expertise profane a pourtant donné lieu à de nombreux travaux à propos d'autres pathologies. En outre, le rôle des parents (voire des familles ou même plus largement des associations) dans cette division du travail est peu visible alors même qu'il s'avère décisif.

Dans les travaux consacrés aux parents, on peut distinguer deux tendances : la première les considère comme des « assistants » des soignants tandis que la seconde privilégie davantage leurs perceptions mais toujours en lien avec les professionnels. La première tendance envisage les parents au prisme des questions de rééducation, comme des acteurs participant à la prise en charge mais sous le regard d'autres acteurs qui sont des professionnels. L'objectif est le plus souvent d'ordre pratique : il s'agit de rendre la prise en charge plus efficace en y associant les parents. La seconde tendance étudie les perceptions des parents en rapport avec le diagnostic et la prise en charge de leurs enfants. Certains auteurs montrent notamment l'importance, dans la satisfaction des parents, du temps passé avant l'obtention du diagnostic et pour déclencher une prise en charge. D'autres auteurs soulignent également que les perceptions des parents et enfants sur leurs difficultés ne sont pas toujours en phase avec les évaluations cliniques. Parmi les limites de ces travaux sur les parents, on retiendra l'homogénéité des populations étudiées, en termes de niveau de diplôme, de revenu ou d'origine ethnique. Or, l'appartenance sociale est un élément important dans le rapport au diagnostic, à la prise en charge et

l'accompagnement ainsi qu'à la scolarité. D'abord, les inégalités en termes de ressources financières conditionnent l'accès au diagnostic. Ensuite, les diagnostics médicaux ne prennent pas le même sens selon les groupes sociaux, notamment lorsqu'ils concernent des enfants. Il en va de même pour les parcours : au-delà des difficultés réelles rencontrées, la rhétorique du « parcours du combattant », notamment rappelée à plusieurs reprises par les associations de parents suppose des ressources économiques et culturelles suffisantes pour adopter une position active vis-à-vis des institutions et des professionnels. Ainsi, les familles des catégories moyennes et supérieures sont-elles non seulement plus réceptives à certains diagnostics mais disposent aussi davantage de ressources en vue des prises en charge et d'un accompagnement de la scolarité. À ce sujet une enquête menée en Bourgogne sur la scolarisation des enfants handicapés²³ apporte de précieux éléments. Elle montre notamment que la continuité de la scolarité, la réussite scolaire et l'orientation portent essentiellement sur les familles qui compensent les manques et les dysfonctionnements des dispositifs existants (avec leurs propres moyens), ce qui se traduit par des inégalités sociales et des disparités géographiques fortes. Cette enquête expose également un important et récurrent problème de communication entre parents, enseignants, personnels scolaires et MDPH.

Enfin, les associations de familles jouent un rôle d'accompagnement non négligeable, mais ne sont pourtant pas étudiées en tant qu'acteurs de la division du travail autour des personnes présentant un TDC. Lorsqu'elles sont mentionnées, c'est la plupart du temps pour identifier les populations d'études ou relayer des informations.

On voit donc que, d'un point de vue sociologique et à la lumière des travaux existants sur d'autres types de handicap, de nombreux champs de recherche restent à ouvrir sur les acteurs concernés, qu'ils soient ou non professionnels, ainsi que sur leurs relations.

Peu de travaux existent sur ce qui génère, ou limite, des situations de handicap en contexte scolaire pour les enfants présentant un TDC

Les travaux sur la participation limitée des enfants présentant un TDC dans le cadre scolaire et le fait que les difficultés qu'ils y rencontrent constituent

23. Putoud C, Beniei E, Observatoire du CRDI. *Rapport d'évaluation de la thématique du PRS de Bourgogne. Scolarisation en milieu ordinaire des enfants handicapés*. Dijon, ARS Bourgogne-Franche-Comté, 2016.

un motif récurrent de plainte, attestent que ces enfants se trouvent souvent en situation de handicap à l'école et suggèrent même que l'école, par son fonctionnement et ses contraintes, génère ces situations, qu'elle peut aussi contribuer à limiter. Ceci amène donc à interroger le rôle de l'école dans la transformation du trouble en handicap et à analyser ce qui produit les mises à l'écart des enfants présentant un TDC, au sein d'une institution qui, par ailleurs, se donne comme mission d'accueillir tous les enfants. En effet, la loi de refondation de l'école de 2013 et la loi sur le handicap de 2005 consacrent une nouvelle approche de la scolarité : quels que soient les besoins particuliers de l'élève, c'est à l'école de s'assurer que l'environnement est adapté à sa scolarité. Pour autant, l'école n'a pas été réformée structurellement pour devenir accessible. Elle s'est vue principalement adjoindre des moyens pour mettre en œuvre des aides de nature compensatoire, notamment des aides humaines comme les accompagnants des élèves en situation de handicap (AESH) ou les auxiliaires de vie scolaire (AVS). Ainsi, la mise en application de la loi de 2005 et la mise en pratique du principe de l'école inclusive, en partenariat avec les autres instances et professionnels impliqués, rencontrent manifestement de nombreuses difficultés qui retentissent notamment sur les enfants présentant un TDC. Quatre questions principales se posent donc. 1) Qu'est-ce qui fait que le trouble devient handicap ? 2) Comment l'environnement scolaire génère-t-il des situations de handicap pour les élèves manifestant ce trouble ? 3) Quelles sont les stratégies que l'école met en place pour les enfants présentant un TDC et comment s'est-elle appropriée cette question (au-delà des textes programmatiques produits dans le prolongement de la loi de 2005) ? 4) Comment l'institution scolaire (de la maternelle à l'université) peut-elle mettre en œuvre les moyens matériels, humains et pédagogiques permettant aux élèves présentant un TDC de réaliser un parcours de formation adaptée à leurs possibilités et à leurs souhaits, grâce à des compensations adaptées ? Sur ces quatre questions, la littérature scientifique apporte à ce jour peu de réponses.

Au côté du peu de travaux scientifiques disponibles sur ces aspects, des articles de revues articulant le champ de la recherche et celui des pratiques professionnelles ainsi que des textes officiels et des rapports énonçant un certain nombre de constats sur le fonctionnement de l'institution scolaire fournissent néanmoins de précieuses observations et réflexions pour des recherches à venir. Ainsi des articles issus du champ professionnel fournissent des apports utiles pour i) informer sur le cadre institutionnel ; ii) rendre compte des difficultés et des préoccupations des professionnels (psychologues, psychomotriciens, ergothérapeutes, kinésithérapeutes, enseignants, etc.) et des parents qui – par le biais des associations – acquièrent des compétences d'interface leur permettant de faire le lien entre le parcours de santé

et le parcours de formation ; iii) présenter des aménagements et adaptations pédagogiques qui renvoient surtout à des savoirs professionnels, principalement en ergothérapie et en psychomotricité. Quelques travaux à visée pédagogique ou didactique ont aussi été produits pour spécifier des adaptations propres aux disciplines (en mathématiques, arithmétique, éducation physique et sportive, lecture, dessin et en arts plastiques). Ils débouchent souvent sur des prescriptions techniques visant à favoriser les apprentissages (par ex. : utilisation d'un ordinateur pour compenser les difficultés d'écriture sans toutefois s'interroger sur l'accès à l'écriture et sur le rôle de l'organisation de l'école dans cet accès, ni envisager des solutions différenciées selon les élèves). On en retient que les stratégies pédagogiques varient en fonction du niveau des élèves, des compétences et de l'expérience des enseignants mais aussi des dispositifs mis en œuvre. Mais les articles restent dans une logique de compensation fonctionnelle au regard d'une organisation de l'école et de l'enseignement qui n'est pas mise en question.

Évitant de se centrer sur tel ou tel type d'interventions, quelques rares articles soulignent la nécessité de modifier l'environnement scolaire de manière à le rendre accessible aux élèves présentant un TDC en leur fournissant les compensations nécessaires (aménagement de l'espace, du temps, outils, etc.).

Mais de manière générale, les articles étudiés traduisent la difficulté à analyser les stratégies adoptées concrètement par les professionnels de l'éducation et de la santé pour rendre accessibles les apprentissages ou mettre en œuvre une compensation, ainsi que pour évaluer les effets et les résultats des dispositifs mis en place. Il ressort en tout cas de quelques travaux que les enseignants apparaissent souvent démunis par rapport à la survenue de difficultés. Les articles peinent également à analyser la manière dont les acteurs fonctionnent plus ou moins bien ensemble. Par ailleurs, nous ne disposons pas d'informations sur le devenir des enfants. Or tous ces éléments sont particulièrement importants si l'on veut mettre en évidence des mécanismes de blocages ou au contraire des facteurs de succès sur lesquels s'appuyer pour mettre en place une école véritablement inclusive.

On constate également l'absence de travaux qui observent précisément les difficultés rencontrées par l'enfant. En effet, les difficultés à l'école sont souvent rapportées de manière globale, comme s'il s'agissait de difficultés en soi, indépendantes du contexte scolaire. Un enfant est, par exemple, présenté comme étant en difficulté scolaire sans précision de la classe dans laquelle il est, des matières problématiques, des types de tâches qui le mettent particulièrement en difficulté et encore moins des conditions d'exercice ou des compétences demandées.

Enfin, on constate l'absence de travaux analysant la manière dont l'école française accueille concrètement les élèves présentant un TDC, de la maternelle à l'université en passant par les filières techniques et d'apprentissage. Or, ce type de recherches permettrait de mieux saisir la manière dont l'école française prend en compte et accompagne les élèves porteurs de TDC à ses différents niveaux. Nous ne pouvons pas nous contenter des rares travaux réalisés dans des systèmes scolaires anglo-saxons et les transposer sans précaution à notre réalité institutionnelle. En effet, les apprentissages ne sont pas dissociés du contexte dans lequel ils interviennent et l'école constitue un lieu finalisé d'une part par des acquisitions en matière de connaissances et par ailleurs par l'intériorisation de normes, de valeurs et d'idéaux. Or, chaque système scolaire fonctionne de manière spécifique et produit des programmes, des modalités d'évaluation, des pédagogies et des organisations qui lui sont propres.

Recommandations

RECOMMANDATION GÉNÉRALE

Le groupe d'experts recommande d'utiliser de manière privilégiée le terme trouble développemental de la coordination (TDC) dans la recherche et en clinique en lien avec les critères du DSM mais en le considérant comme synonyme de dyspraxie

Il existe une certaine variabilité terminologique pour désigner les troubles de la motricité intentionnelle. Ces variations proviennent à la fois des usages présents dans les différentes professions et disciplines qui s'y intéressent, de leur appropriation par la société et de particularités régionales mais également de l'évolution des connaissances et des idées. Dès 1994, dans un souci d'harmonisation et de lisibilité internationale, les experts internationaux de la conférence de consensus de Londres choisissent :

- le terme de *Developmental Coordination Disorder* alors traduit par trouble de l'acquisition de la coordination (TAC) puis trouble développemental de la coordination (TDC) à partir de 2015 ;
- les critères associés du *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, alors à sa quatrième édition (DSM-IV).

Reconnaissant la nécessité d'une utilisation consensuelle des termes et de l'inscription dans un cadre international, **le groupe d'experts recommande** d'utiliser le terme TDC dans la recherche et en clinique en lien avec les critères du dernier DSM en vigueur²⁴. En matière de recherche, cela facilite l'identification des travaux et leur mise en regard les uns avec les autres et permet ainsi de faire progresser les connaissances sur le sujet. Cette utilisation commune favorise également le dialogue entre les acteurs de la recherche académique et les cliniciens.

24. Voir critères présentés en début de synthèse.

Néanmoins, les usages sociaux n'ont pas évolué de la même manière que les cadres théoriques et l'appropriation du terme TDC au sein de la société française reste modeste. En effet, le terme dyspraxie est encore souvent privilégié par les personnes concernées (personnes diagnostiquées et leurs familles, associations de familles, mais aussi professionnels impliqués dans les secteurs sanitaire, médico-social, scolaire, etc.). Les usages sociaux rapprochent également ce terme des autres troubles « dys », tels que la dyslexie, la dysorthographe, la dyscalculie ou la dysgraphie, comme l'attestent les regroupements d'associations dans le domaine ou divers rapports sur le sujet.

Le terme dyspraxie, qui renvoie en fait à l'expression plus précise de dyspraxie de développement, désigne un trouble des praxies d'origine développementale. Alors que la littérature reste très hétérogène quant aux similitudes, différences et articulations entre dyspraxie développementale et TDC, et afin que la société s'approprie progressivement le terme de TDC, **le groupe d'experts recommande** de considérer TDC et dyspraxie comme des équivalents, recouvrant une grande hétérogénéité de profils.

RECOMMANDATIONS D'ACTIONS

Le groupe d'experts recommande d'améliorer le diagnostic en permettant une évaluation pluridimensionnelle et individualisée répondant aux critères du DSM à l'aide d'outils standardisés et normés

Le terme TDC recouvre une grande hétérogénéité de tableaux cliniques sans qu'il existe pour l'instant de consensus sur l'identification de sous-types. De fait, le diagnostic de TDC est complexe et requiert d'être individualisé et approfondi.

Réaliser un 1^{er} bilan diagnostique répondant aux critères du DSM

Dans la continuité du consensus de 1994, **le groupe d'experts recommande**, en cas de suspicion de TDC, de réaliser un 1^{er} bilan diagnostique qui permette de répondre à tous les critères du DSM. Cela implique donc d'intégrer dans la démarche au moins une évaluation standardisée de la coordination, un diagnostic différentiel, la prise en compte de la plainte ainsi que des retentissements sur le quotidien et à l'école qui mettent la personne en situation de handicap. Ce 1^{er} bilan est particulièrement important car il va orienter

la suite, et notamment le besoin ou non de bilans complémentaires, mais aussi la prise en charge, ainsi que contribuer à l'attribution éventuelle de droits.

De manière générale, **le groupe d'experts recommande** de considérer la personne et sa famille au cœur du diagnostic tout au long de la démarche. Le groupe insiste sur l'importance d'évaluer les difficultés rencontrées par la personne et sa famille, les aspects de participation mais aussi de qualité de vie et pas seulement les déficits fonctionnels. Il souligne qu'il importe également de dissocier la plainte de l'enfant des difficultés rapportées par les acteurs de l'environnement (parents, enseignants, etc.). Les plaintes et la perception que l'individu a de son trouble peuvent d'ailleurs influencer la prise en charge en jouant par exemple sur la motivation et l'implication dans une intervention.

Lors de ce 1^{er} bilan, **le groupe d'experts recommande** plus spécifiquement de :

- rechercher systématiquement, grâce à un examen spécifique, un trouble neurologique de la commande motrice (spasticité même discrète comme dans le cas par exemple de la paralysie cérébrale) et un trouble sensoriel, qui doivent être différenciés du TDC ;
- caractériser finement d'éventuels troubles visuels, proprioceptifs, vestibulaires et cognitifs qui ont un impact sur la motricité ;
- caractériser finement les troubles de l'écriture manuscrite, dans la mesure où leurs répercussions sur la scolarité peuvent être considérables et qu'une évaluation objective est indispensable à la mise en place d'une remédiation efficace.

Lors de ce 1^{er} bilan, **le groupe d'experts recommande** également de prendre en compte :

- les éventuels troubles associés en portant une attention particulière aux troubles neuro-développementaux fréquemment associés – trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H), troubles du langage et des apprentissages (trouble de la lecture, trouble de l'écriture, trouble du calcul, etc.) – et de pouvoir en repérer les signes ;
- les répercussions psychologiques, en portant une attention particulière aux premiers signes de répercussions sociales et psychologiques afin d'être en mesure de les prévenir ou les prendre en charge le cas échéant.

Intégrer la démarche diagnostique dans un parcours gradué

Le TDC recouvre des situations plus ou moins complexes (sévérité du trouble, troubles associés, etc.) qui requièrent une démarche diagnostique adaptée. De fait, **le groupe d'experts recommande** d'intégrer la démarche diagnostique dans un parcours gradué en fonction du retentissement du trouble et de la complexité des situations. Compte-tenu de la structuration en 3 niveaux telle que recommandée par la Haute Autorité de santé (2017)²⁵, **le groupe d'experts recommande** tout d'abord de garder un suivi et une vigilance pour les enfants qui restent au niveau 1. Ainsi, ces enfants pourront si besoin, être orientés vers les niveaux 2 ou 3 en fonction de l'évolution du trouble et de ses retentissements. Pour les enfants qui sont suivis en niveau 1, avec le 1^{er} bilan diagnostique tel que décrit ci-dessus et la mise en place de l'intervention nécessaire (remédiation, compensation, aménagement de l'environnement familial et scolaire, etc.), **le groupe d'experts recommande** un nouveau bilan un an à 18 mois plus tard par le psychomotricien ou l'ergothérapeute (avec notamment une attention particulière aux signes neuromoteurs) ainsi qu'une nouvelle évaluation quelques années plus tard. Pour les enfants qui ont été repérés ou pour lesquels il y a eu une plainte relative à des difficultés de coordination sans pour autant que le diagnostic de TDC n'ait été posé (score à un test de motricité juste en-dessous du seuil par exemple), **le groupe d'experts recommande** aussi de mettre en place un suivi particulier avec des bilans de motricité complémentaires plus spécifiques que ceux adressés à tous ainsi qu'avec des évaluations régulières des répercussions dans la vie quotidienne, à l'école et au domicile. Il s'agit là d'être en mesure de déclencher une nouvelle démarche diagnostique si nécessaire, étant donné que plusieurs enfants présentant un TDC sont capables de compenser pendant plusieurs années leur trouble mais que celui-ci peut devenir un handicap dans certains contextes, par exemple lorsque les exigences scolaires vont s'accroître.

Le groupe d'experts recommande par ailleurs de compléter l'évaluation motrice approfondie, en fonction des plaintes et de la complexité des profils, par des évaluations des fonctions cognitives (fonctions perceptives, attentionnelles, exécutives, mnésiques, langagières, etc.) avec une attention particulière aux troubles associés fréquents.

Enfin, **le groupe d'experts souligne** que la prescription systématique d'exams de neuro-imagerie ne se justifie pas pour poser un diagnostic (absence de marqueur spécifique et systématique) mais qu'un examen de neuro-imagerie peut être indiqué dans des cas complexes en fonction des signes

cliniques (par exemple pour étayer un diagnostic différentiel ou rechercher des comorbidités à partir du moment où il y a des signes cliniques qui orientent sur d'autres troubles).

Encourager l'utilisation de tests standardisés et normés

Les tests d'évaluation apportent des informations très utiles pour poser un diagnostic et orienter la prise en charge mais aussi faciliter le dialogue entre des professionnels de santé.

Afin de recueillir des mesures fiables, de faciliter l'interprétation des différentes évaluations, et de favoriser ensuite le suivi, **le groupe d'experts recommande** d'utiliser un outil validé et standardisé pour la population concernée pour évaluer la motricité. En l'absence de *gold-standard* et dans la mesure où la littérature présente des avantages et des inconvénients pour chaque test analysé (dans les domaines moteur ou neuromoteur)²⁶, le groupe d'experts ne se prononce pas sur un outil en particulier mais encourage les professionnels à diversifier les tests en cas de doute. Si le test MABC est utilisé, le groupe d'experts recommande de retenir un seuil au 16^e percentile, et non au 5^e percentile comme c'est encore parfois le cas alors qu'entre 5 et 16, les conséquences sur la vie quotidienne et à l'école peuvent être importantes.

Le groupe d'experts recommande également de compléter l'évaluation du domaine de la motricité par d'autres tests standardisés et normés en fonction des plaintes et de la complexité des profils.

Concernant les retentissements sur les activités et la participation, dans l'attente d'un questionnaire validé, **le groupe d'experts recommande** que l'exploration du 2^e critère du DSM soit réalisée par un professionnel de santé au moment de l'anamnèse en interrogeant l'enfant sur ses activités et sa participation.

Veiller à ce que toute démarche diagnostique soit menée par des professionnels formés

Le diagnostic de TDC est nécessairement pluridisciplinaire, quelle que soit la complexité des situations.

Le groupe d'experts recommande de veiller à ce que toute démarche diagnostique du TDC soit menée par des professionnels formés à ce trouble qui apportent leur contribution spécifique.

26. Voir chapitre « Outils d'évaluation ».

A minima, **le groupe d'experts souligne** qu'un diagnostic de TDC doit impliquer la contribution d'un spécialiste de la motricité (psychomotricien ou ergothérapeute) ainsi qu'un professionnel de santé, médecin, formé aux troubles du développement, en charge des prescriptions d'évaluations à visée diagnostique et de la coordination du parcours diagnostique. Il peut s'agir d'un médecin généraliste ou d'un médecin spécialiste (pédiatre, neuropédiatre, médecin physique et de réadaptation, médecin scolaire, psychiatre, neuropsychiatre, pédopsychiatre, ou tout autre spécialité médicale) dans la mesure où celui-ci a des connaissances suffisantes sur le TDC. Afin de gagner du temps dans les parcours diagnostiques, il est possible de faire appel à un professionnel de santé formé pour orienter et coordonner les évaluations à visée diagnostique.

Pour les profils plus complexes, **le groupe d'experts recommande** l'implication d'une équipe pluridisciplinaire intégrant les professionnels mentionnés ci-dessus mais également des spécialistes de santé compétents sur les troubles des apprentissages (dont le TDC) pour réaliser une évaluation des fonctions cognitives plus approfondie. La prise en charge des situations plus complexes doit être coordonnée par un spécialiste de niveau 2 ou 3 (HAS, 2017).

Garantir à tous l'accès à un parcours diagnostique adapté

La méconnaissance du TDC et les difficultés d'accès à des évaluations cliniques creusent les inégalités et retardent le diagnostic et la prise en charge, pouvant entraîner le développement de troubles secondaires et l'aggravation des difficultés scolaires. En particulier, les inégalités en termes de ressources financières conditionnent l'accès au diagnostic.

Le groupe d'experts recommande de faciliter l'accès, pour tous (si plainte ou repérage) et sur tous les territoires, aux professionnels compétents pour établir un diagnostic en fonction de la plainte et de la complexité des situations, et ceci dans les meilleurs délais. Il s'agit d'une part de faciliter l'accès en termes financiers car, actuellement en France, les coûts des bilans et consultations nécessaires sont élevés pour les familles dans la mesure où les principaux professionnels formés sur le TDC (ergothérapeutes, psychomotriciens, neuropsychologues) sont non conventionnés et ne sont donc pas remboursés par la sécurité sociale. Cela entraîne parfois d'importants retards diagnostiques et de prise en charge voire même une orientation vers d'autres professionnels tels que les orthophonistes, non spécialisés dans le domaine de la motricité, ce qui peut avoir pour conséquence une perte de chance pour les enfants présentant un TDC. Il s'agit d'autre part de faciliter l'accès en termes sociaux par un accompagnement des familles (savoir quels

professionnels aller voir, quelles sont les ressources sur le territoire, quelles sont les démarches à entamer, les droits, etc.) visant à réduire les inégalités sociales entre les familles aisées et les autres mais aussi les inégalités entre les familles qui connaissent les structures, qui ont des réseaux, qui ont une position active par rapport aux institutions, etc., et les autres.

Afin de mieux couvrir l'ensemble du territoire, il importe aussi de faciliter l'accès géographique aux professionnels concernés et de réduire le temps d'attente pour le diagnostic. En effet, actuellement, certains centres de référence (structures de niveau 3 qui, de plus, ne sont pas tous spécialisés dans l'évaluation du TDC) sont saturés par les demandes auxquelles ils ne peuvent répondre dans un délai raisonnable. **Le groupe d'experts recommande** donc d'encourager le développement de structures ou d'équipes pluridisciplinaires à visée diagnostique du TDC. Pour les situations très complexes, **le groupe d'experts recommande** de s'assurer que les centres de référence soient composés d'une équipe pluridisciplinaire intégrant des spécialistes de la motricité (afin de pouvoir diagnostiquer le TDC avec des tests normés).

Enfin, **le groupe d'experts recommande** de permettre aux professionnels concernés de réaliser des consultations longues pour les évaluations à visée diagnostique (en fonction de chaque situation, plus ou moins complexe) et notamment de les reconnaître sur un plan de compensation financière. Il s'agit ainsi de permettre à ces professionnels de prendre le temps nécessaire pour établir un tableau de sémiologie clinique précis, prendre en compte les aspects de participation, qualité de vie et la perception du trouble mais aussi pour expliquer et accompagner la personne porteuse de TDC et ses proches.

Le groupe d'experts recommande de promouvoir et soutenir les interventions visant la participation et la réalisation d'activités socialement significatives en tenant compte de la qualité de vie

Concevoir une politique de soutien aux interventions visant la réalisation d'activités significatives et la participation en tenant compte du profil de l'enfant et de sa qualité de vie ainsi que de celle de sa famille

Une fois le diagnostic posé, l'enjeu est de mettre en place les interventions adaptées, sachant qu'il n'existe pas d'intervention type dont l'efficacité serait unanimement reconnue.

La littérature scientifique retrouve toutefois une efficacité quel que soit le type d'intervention proposé en comparaison avec une absence d'intervention. Plus précisément, les études offrent un niveau de preuve modéré au niveau de la motricité sur l'efficacité des interventions en groupe portant sur les fonctions motrices. Les enfants avec un profil complexe et sévèrement atteints bénéficient dans une moindre mesure des interventions en groupe. L'efficacité d'interventions individuelles portant sur les fonctions en comparaison avec d'autres interventions n'est pas objectivée par la littérature. En revanche, les interventions visant les activités et la participation et correspondant aux besoins de l'enfant dans son contexte de vie apparaissent prometteuses car elles contribuent à une meilleure qualité de vie de l'enfant et de ses parents. En particulier, l'approche *Cognitive Orientation to Occupational Performance* (CO-OP) pour les enfants présentant de bonnes compétences verbales offre un niveau de preuve modéré, et ce, uniquement pour la perception subjective des changements mais pas pour la motricité.

Le groupe d'experts recommande de promouvoir des interventions en groupe pour les enfants présentant un TDC modéré ou léger et des interventions individuelles (ou combinant des interventions individuelles et en groupe) pour les autres.

Le groupe d'experts recommande de promouvoir des interventions centrées directement sur l'apprentissage des activités qui sont nécessaires à la scolarité ou à la vie quotidienne et qui ont du sens pour la personne (« activités significatives »). Cela favorise l'implication du sujet dans le processus de l'intervention et favorise une amélioration de la participation et de la qualité de vie, qui reste un des objectifs principaux des interventions. Pour une meilleure efficacité, celles-ci doivent être mises en place en fonction d'objectifs précis, mesurables, atteignables et hiérarchisés avec l'enfant, sa famille ainsi qu'avec le milieu scolaire.

Concernant la fréquence et la durée des interventions, la littérature indique qu'une intervention hebdomadaire est plus efficace qu'une intervention plus espacée et qu'une durée de 12 à 16 séances montre une efficacité plus importante que celle d'une intervention de 4 à 8 séances. À ce sujet, **le groupe d'experts recommande** de fixer la fréquence et la durée de l'intervention en fonction des objectifs prédéfinis, des besoins de la personne mais aussi des impacts sur la qualité de vie en prenant en compte l'équilibre entre les coûts liés à l'investissement en temps et en énergie et les bénéfices directs sur la qualité de vie.

La littérature atteste de l'importance de la participation de tiers (souvent les parents) à l'intervention car ils peuvent jouer le rôle de relais pour les actions

ou stratégies travaillées durant des interventions. **Le groupe d'experts recommande** donc d'impliquer l'enseignant et la famille dans l'intervention afin de favoriser l'atteinte des objectifs et l'inclusion de l'enfant dans les différents lieux de vie. Cette implication peut se faire en amont de l'intervention pour faciliter sa mise en place, puis durant l'intervention pour un accompagnement dans les lieux de vie de l'enfant (en classe, à la maison, etc.).

À propos de la remédiation de l'écriture manuscrite si la littérature n'apporte pas un niveau de preuve élevé pour les différentes méthodes, plusieurs facteurs de réussite se sont dégagés de l'analyse. S'appuyant sur ces facteurs, **le groupe d'experts recommande de :**

- concevoir la remédiation en prenant en compte les facteurs endogènes (nature du déficit moteur, intégration visuo-motrice, etc.) et exogènes (manque de pratique, style d'écriture, etc.) des difficultés d'écriture ;
- réaliser des séances courtes et régulières, intégrant de l'écriture, avec des objectifs fixés avec l'enfant et son entourage de manière à ce que les activités réalisées en thérapie puissent être reprises à la maison et à l'école ;
- prendre en compte les articulations entre la remédiation de l'écriture manuscrite et la mise en place d'aménagements nécessaires dans le cadre scolaire, en matière de qualité de vie, afin de ne pas surcharger l'enfant.

Articuler plusieurs types d'interventions en s'inspirant de modèles de santé publique développés dans d'autres pays et qui intègrent les facteurs environnementaux

Concernant le domaine de la coordination motrice, plusieurs modèles d'interventions indirectes, ont été développés récemment dans d'autres pays. Ces modèles sont composés d'interventions pouvant être adressées aux parents, aux enseignants ou autres professionnels et prennent en compte des facteurs environnementaux comme les pairs, les professionnels dispensant des offres de loisirs, les politiques et la communauté de manière plus générale. Conçus et/ou implémentés plus récemment, ils n'ont pas encore bénéficié d'études mesurant leur efficacité mais semblent présenter une modélisation intéressante de l'articulation entre plusieurs niveaux d'interventions.

Le groupe d'experts recommande de coordonner plusieurs types d'interventions : des actions pour tous avec les interventions en groupe et individuelles pour les personnes présentant un TDC. Concernant les actions pour tous, il s'agit de renforcer, dans les écoles, la promotion de l'activité physique pour tous afin de soutenir le développement des habiletés fondamentales chez les jeunes enfants et de favoriser le plaisir de bouger. Un éventail d'activités

physiques adaptées et structurées peut aussi être proposé aux plus grands. Il s'agit également de renforcer l'éducation des parents de très jeunes enfants afin qu'ils comprennent les besoins et la nécessité des activités faisant intervenir la motricité qu'elle soit fine ou globale. Enfin, il s'agit de prendre en compte les différents professionnels dispensant des loisirs en soutenant le travail en réseau interprofessionnel incluant l'enfant et sa famille comme partenaires actifs.

Suivre régulièrement l'évolution de la symptomatologie et du handicap pour faire évoluer la prise en charge

Des évaluations rigoureuses des interventions dispensées par les professionnels médicaux ou paramédicaux manquent pour suivre au mieux les interventions et leurs effets ainsi que pour orienter la suite des prises en charge.

Le groupe d'experts recommande d'évaluer régulièrement les interventions dispensées afin de les questionner et notamment de les interrompre soit lorsque les objectifs de progression ont été atteints en termes d'activité et de participation, soit en absence de progression après un certain nombre de séances. Dans ce dernier cas, il importe de reconsidérer les moyens d'intervention (par ex. s'orienter vers des moyens de compensation) et la participation de l'enfant et de sa famille en refaisant un point avec le médecin ou spécialiste qui coordonne le parcours de soins.

Le groupe d'experts recommande de mener ces évaluations à la fois sur les fonctions déficitaires mais aussi sur les activités et la participation ainsi que de porter une attention particulière aux répercussions du TDC sur la santé mentale qui peuvent survenir bien après le diagnostic.

Faciliter l'accès à une prise en charge adaptée pour tous

Malgré les dispositions mises en place depuis la loi de 2005 pour les personnes handicapées au travers notamment des Maisons Départementales des Personnes Handicapées (MDPH), l'accès aux soins et aux compensations n'est pas aisé pour toutes les familles. D'autant que le diagnostic résulte en lui-même d'un parcours qui peut être plus ou moins long.

Le groupe d'experts recommande de faciliter l'accès – en termes économiques, géographiques et d'information – à toutes les personnes et familles concernées, et sur tout le territoire, à des interventions et adaptations nécessaires (dont les compensations).

Par ailleurs, les professionnels médicaux et paramédicaux concernés, en particulier ceux qui exercent en libéral et qui ne sont pas remboursés par la sécurité sociale, n'ont souvent pas les moyens ni le temps d'échanger suffisamment avec les autres professionnels impliqués (ceux de l'école notamment) ou de réaliser des bilans d'évaluation intermédiaires ou finaux.

Le groupe d'experts recommande de donner les moyens – en termes économiques, de temps, de formation, d'outils – aux professionnels concernés pour mettre en place les interventions et adaptations nécessaires, dans une logique pluridisciplinaire (en lien avec l'école notamment) ainsi que de procéder au suivi de la symptomatologie et du handicap (bilans de suivi, nouvelles évaluations, etc.).

Le groupe d'experts recommande de veiller à l'application de la loi de 2005 sur les personnes handicapées pour les personnes présentant un TDC, notamment dans le cadre scolaire

Depuis la loi du 11 février 2005, qui propose la première définition précise du handicap dans un texte juridique de référence, les personnes présentant un TDC – principalement des enfants d'âge scolaire – entrent dans le champ du handicap. Cette loi s'appuie sur un principe d'accessibilité, relevant du droit commun, et un principe de compensation, relevant d'un régime d'exception. Cette loi concerne la scolarité mais aussi l'ensemble de la vie sociale. Si cette loi a permis de nombreuses avancées pour les personnes en situation de handicap, plus de 10 ans après sa promulgation son application reste encore difficile.

Le groupe d'experts recommande de veiller à l'application de la loi de 2005 pour les personnes handicapées et des textes sur le handicap pour les personnes présentant un TDC.

Envisager la question scolaire, au-delà de la remédiation, de manière à permettre à chaque enfant de mener son projet scolaire tel qu'inscrit dans la loi de 2005

Les quelques travaux portant sur l'école et les enfants présentant un TDC montrent que l'école inclusive est encore loin d'être une réalité pour beaucoup de ces enfants et que la mise en pratique de ce concept pose de nombreuses difficultés. Notamment, car l'école n'a pas été réformée structurellement pour devenir accessible mais s'est surtout vue adjoindre des moyens

pour mettre en œuvre des aides de nature compensatoire. Il en résulte que la qualité de vie des enfants présentant un TDC est particulièrement affectée en milieu scolaire.

Le groupe d'experts recommande de penser le handicap en amont de toutes politiques scolaires pour aller vers une école véritablement inclusive qui permette l'accessibilité à l'enseignement (accessibilité au sens fort du terme, c'est-à-dire accès au savoir) et aux examens tel qu'inscrit dans la loi de 2005. Cela pourrait passer par une intégration plus marquée de la question du handicap dans les formations des enseignants et dans les processus de recrutement, par une réflexion en amont sur la pédagogie, sur les évaluations, sur la mise en œuvre des aides adéquates, sur l'accessibilité des manuels scolaires et autres supports pédagogiques, etc. Autant de pistes pour lesquelles la recherche pourrait aussi apporter des réponses.

À plus court terme, **le groupe d'experts recommande** de faciliter la mise en place des aménagements nécessaires dans le cadre scolaire (moyens de compensation et adaptations) pour permettre les apprentissages pendant les enseignements et au moment des examens académiques et des concours depuis la maternelle jusqu'à l'enseignement supérieur, en passant par les formations professionnelles, les grandes écoles, etc. Cela implique notamment de penser et prévoir les aménagements pendant les enseignements et les examens en continuité malgré des voies de décision actuellement différentes. Pour la mise en place des aménagements, il importe de prendre en compte les difficultés motrices dont celles d'écriture manuscrite (évaluer le caractère fonctionnel de cette écriture en situation de classe) et de graphisme, les difficultés cognitives associées en lien avec les aspects scolaires (troubles de la perception visuo-spatiale et de l'attention entre autres) mais aussi la lenteur et fatigabilité. Concernant ces derniers points, le groupe d'experts rappelle par exemple que pour certains enfants le temps plein est compliqué et peut appeler à un aménagement de l'emploi du temps scolaire en lien avec son projet de vie.

Face au constat d'un manque de coordination entre les acteurs concernés par la mise en place des aménagements, **le groupe d'experts recommande** de favoriser le dialogue entre professionnels des différents secteurs (professionnels de santé, maisons départementales des personnes handicapées – MDPH, Éducation nationale) et les familles pour bien articuler les différentes interventions avec les aménagements en fonction des profils tout en prenant en compte la qualité de vie de l'enfant. Une personne référente semble indispensable pour faire le lien entre les différents acteurs (dont la famille), s'assurer de la bonne collaboration entre les professionnels et garantir la cohérence entre la mise en place des aménagements et les interventions

thérapeutiques. Pour les enfants qui relèvent d'un droit d'exception et pour lesquels un projet personnalisé de scolarisation (PPS) a été mis en place, l'enseignant référent est le plus à même de remplir ce rôle. **Le groupe d'experts recommande** donc de donner à l'enseignant référent les moyens et le temps nécessaire pour réaliser cette mission de coordination, au-delà du seul lien entre la famille et l'école. Pour ces enfants, **le groupe d'experts recommande** également de promouvoir les équipes de suivi de la scolarité comme des lieux d'échanges entre tous les acteurs impliqués et de s'assurer que ces acteurs puissent y assister. Il peut notamment s'agir de réfléchir à une valorisation du temps passé par chacun dans ces réunions. Pour les enfants qui relèvent du droit commun et pour lesquels un dispositif d'aménagement pédagogique (plan d'accompagnement personnalisé – PAP) a été mis en place, il importe également qu'une personne soit identifiée pour faire le lien entre les différents acteurs concernés et soit en mesure de mener concrètement à bien cette mission. Il importe enfin que les acteurs impliqués puissent saisir clairement la distinction et les enjeux des deux dispositifs (PAP ou PPS) pour les enfants, en fonction des situations. Par exemple, un PAP peut être adopté par choix de l'enfant et de sa famille ou alors dans l'attente d'un PPS.

Soutenir la mise en place des aménagements nécessaires par les enseignants et l'institution scolaire

Une majorité d'enseignants ne se considère pas assez compétente pour mettre en place l'école inclusive et se sent souvent démunie face aux situations pratiques qu'ils rencontrent avec des enfants en situation de handicap.

Outre la formation, **le groupe d'experts recommande** de mettre en place des dispositifs de soutien aux professionnels de l'école et l'allocation des moyens nécessaires pour faciliter la mise en place des aménagements. Il peut par exemple s'agir de personnes ressources, de l'identification de ressources pédagogiques, du développement et de propositions d'outils concrets pour accompagner les préconisations (par ex. manuels scolaires utilisables par les élèves présentant un TDC, création de banques d'exercices utilisables à la fois par les élèves présentant un TDC et par le reste de la classe, outils numériques accessibles pour tous les enfants en termes visuels mais aussi d'utilisabilité, etc.).

Développer les pratiques physiques et sportives inclusives dans le cadre scolaire mais aussi dans les loisirs

Les activités physiques, dans le cadre scolaire et dans les loisirs, sont l'autre domaine dans lequel la participation et la qualité de vie des personnes présentant un TDC apparaissent particulièrement affectées. Dans des sociétés qui valorisent le sport performant et compétitif, les enfants présentant un TDC sont souvent exclus des activités physiques, et ce même en cours de récréation, ce qui a des impacts négatifs sur leur estime de soi et leur confiance en eux, contribue à les isoler et peut même participer au développement de troubles psychologiques secondaires. Par ailleurs, la littérature souligne les risques liés à l'inactivité physique (obésité, maladies cardiovasculaires, etc.) pour les enfants présentant un TDC.

Or, l'accès aux loisirs est un des éléments de l'insertion citoyenne et sociale qui fait l'objet d'une partie spécifique de la loi de 2005 sur les personnes handicapées. Celle-ci mentionne notamment l'obligation d'une mise en accessibilité de l'ensemble des établissements recevant du public dont les lieux de loisirs.

Le groupe d'experts recommande de promouvoir les pratiques physiques et sportives inclusives dans le cadre scolaire ainsi que dans les loisirs. En effet, les pratiques physiques et sportives inclusives (activités physiques adaptées, activités physiques à finalité ludique, sports collaboratifs) peuvent favoriser la réalisation d'activités physiques et la participation des enfants présentant un TDC avec des impacts positifs sur l'épanouissement, l'estime de soi mais aussi la diminution des facteurs de risques d'obésité et de maladies cardiovasculaires liées à l'inactivité. Il s'agit ainsi de promouvoir un modèle qui se centre sur le plaisir pris à la pratique (et non sur la performance et la compétitivité), modèle qui apparaît notamment comme un vecteur de l'engagement durable dans une activité. Cela implique à la fois des formations et une réflexion sur les conditions de mise en œuvre de ces pratiques inclusives avec les différents acteurs impliqués (Éducation nationale, éducation populaire, jeunesse, sport, cohésion sociale, recherche, etc.) à laquelle la recherche pourrait contribuer.

Permettre à toutes les MDPH d'accorder toute son importance à l'évaluation des situations de handicap en complément de l'évaluation médicale et administrative

Créées à la suite de la loi de 2005 sur les personnes handicapées, les MDPH ont notamment pour mission de décider des attributions de droits et

prestations relatifs au handicap et à sa compensation par l'analyse des demandes et dossiers transmis par les familles. Elles constituent donc un interlocuteur important pour les personnes présentant un TDC et leurs familles et un chaînon clé dans les parcours de santé de ces personnes.

La littérature montre pourtant que les MDPH ont souvent à traiter un nombre considérable de dossiers au regard des moyens dont elles disposent. De plus, les logiques qui président à l'évaluation du handicap semblent accorder plus de poids aux dimensions médicales et administratives qu'à la dimension sociale, alors que cette dernière est prépondérante dans la définition du handicap. Il peut en résulter un déséquilibre dans les critères pris en compte pour statuer sur l'attribution des droits et prestations. Par ailleurs, une certaine hétérogénéité entre territoires est constatée dans le fonctionnement des MDPH, qui sont placées sous la tutelle des départements.

Le groupe d'experts souligne la nécessité pour les équipes pluridisciplinaires de toutes les MDPH d'accorder toute son importance à l'évaluation des situations de handicap rencontrées par les personnes en complément de l'évaluation médicale et administrative. Cela peut notamment passer par l'allocation de moyens humains, par de la formation des membres des équipes pluridisciplinaires pour qu'ils soient en mesure d'évaluer les situations de handicap générées par le TDC en croisant plusieurs types d'informations, ou encore par l'intégration systématique d'éléments permettant d'évaluer le handicap du point de vue social dans les certificats communiqués aux MDPH comme par exemple grâce aux guides d'évaluation des besoins de compensation des personnes handicapées (GEVA et GEVA-Sco).

Le groupe d'experts recommande de sensibiliser et former les acteurs pour faciliter le repérage et le diagnostic avec des tests standardisés et normés mais aussi favoriser l'inclusion des personnes présentant un TDC

La méconnaissance du TDC par certains professionnels (enseignants, médecins généralistes, psychologues, etc.), mais aussi plus largement au sein de la société, participe à retarder les diagnostics et donc les prises en charge des personnes présentant un TDC ainsi qu'à générer des situations d'exclusion.

Accroître la vigilance des professionnels et des parents pour favoriser le repérage

Il existe un véritable enjeu autour du repérage pour les enfants qui sont gênés à l'école ou dans la vie quotidienne par des difficultés de coordination. En effet, pour ces enfants l'importance du repérage réside dans la possibilité offerte de déclencher plus rapidement une démarche diagnostique et de mettre en place un suivi et un accompagnement. Il permet également de réduire les pertes de chance pour les enfants présentant un TDC et de limiter le développement de troubles secondaires par une prise en charge plus rapide.

Le groupe d'experts recommande de sensibiliser les professionnels de santé (notamment de 1^{er} recours), les enseignants, les professionnels des loisirs et les parents au TDC pour faciliter le repérage. Cette sensibilisation peut notamment passer par la conception de campagnes d'information sur le TDC, grand public ou ciblées vers certains professionnels.

Il s'agit notamment de promouvoir une vigilance vis-à-vis de la motricité de la part des professionnels scolaires et de santé de 1^{er} recours, en particulier aux alentours de 5-6 ans lors du passage maternelle-primaire. À ce sujet, le groupe d'experts recommande d'encourager les enseignants de maternelle et du primaire à proposer des activités motrices chez les enfants, ce qui, en plus de stimuler la motricité, permet de pouvoir repérer ceux qui ont des difficultés. Une fois qu'il a identifié un enfant présentant des difficultés motrices, l'enseignant doit pouvoir l'orienter vers les professionnels compétents. **Le groupe d'experts recommande** également d'encourager les professionnels de santé de 1^{er} recours à remplir minutieusement le carnet de santé, en particulier pour les examens demandés les 6 premières années concernant la motricité fine et globale.

La sensibilisation des orthophonistes apparaît particulièrement importante dans la mesure où ces professionnels reçoivent de nombreux enfants présentant un TDC. L'orthophoniste doit donc être vigilant sur les aspects moteurs (poser les questions permettant de repérer des troubles dans ce domaine) et pouvoir orienter les individus dépistés vers des professionnels de santé spécialistes du domaine moteur (psychomotricien, ergothérapeute).

Former les professionnels de 1^{er} recours pour faciliter le diagnostic et la prise en charge

Pour les professionnels de 1^{er} recours, qui suivent régulièrement les enfants mais qui sont aussi consultés si des difficultés sont identifiées, il existe un enjeu de formation qui dépasse la seule sensibilisation.

Le groupe d'experts recommande de former les professionnels de santé de 1^{er} recours (médecins, pédiatres, psychologues, etc.) sur le développement moteur. Cela permettra tout d'abord de faciliter le repérage et le dépistage. Il s'agit notamment de leur donner des repères développementaux précis, de les former à des tests standardisés et normés en France, de les alerter sur la fréquence importante du TDC chez les prématurés, etc. Cette formation doit aussi permettre à ces professionnels (en se plaçant au niveau 1 du parcours de santé gradué) de solliciter et interpréter les évaluations nécessaires au diagnostic de TDC ainsi que de coordonner et suivre les parcours de santé pour ceux qui sont médecins.

Au regard de la diversité d'outils utilisés pour les évaluations de la motricité, **le groupe d'experts recommande** de former les professionnels impliqués dans le diagnostic et la prise en charge (médecins, pédiatres, neuropsychologues, psychomotriciens, ergothérapeutes, enseignants en activités physiques adaptées, etc.) à utiliser des tests standardisés et normés sur des populations françaises. Il importe d'inclure ce type de module dans les formations initiales et continues pour favoriser notamment la mise à jour des connaissances dans un domaine encore en pleine évolution.

Plus généralement, **le groupe d'experts recommande** d'encourager la formation continue des professionnels de santé impliqués dans le diagnostic et la prise en charge du TDC afin de favoriser la mise à jour des connaissances dans la mesure où il s'agit d'un domaine encore en pleine évolution.

Sensibiliser et former les acteurs de l'enseignement et des loisirs pour favoriser l'inclusion

Les enfants présentant un TDC se retrouvent souvent incompris par leurs pairs mais aussi par les enseignants qui ne perçoivent pas forcément qu'ils se trouvent en situation de handicap, ce qui peut contribuer à ce que la situation se dégrade.

Le groupe d'experts recommande de sensibiliser les acteurs de l'enseignement au sens large (dont les élèves et les parents) sur le handicap et plus précisément sur le fait que les enfants présentant un TDC sont en situation de handicap à l'école. Mieux informer sur cette situation (en plus des adaptations et compensations nécessaires) permet de favoriser l'inclusion des enfants mais aussi de diminuer les situations d'isolement social, de favoriser l'estime de soi et de réduire les risques de développer des troubles secondaires tels que l'anxiété et la dépression. L'objectif est aussi de favoriser les échanges avec les professionnels du monde sanitaire pour une meilleure intégration

des stratégies de remédiation et compensation entreprises par les thérapeutes, qu'elles soient directement destinées au cadre scolaire ou non. Enfin, la sensibilisation en direction des enseignants vise à ce qu'ils intègrent, et ne remettent pas en question, la nécessité d'une compensation (si validée par la MDPH) en complément des adaptations pédagogiques.

La majorité des enseignants ne se sentant pas compétents pour mettre en place l'école inclusive, **le groupe d'experts recommande** de les former sur le TDC pour la mise en place des mesures pédagogiques nécessaires (en complément des compensations du handicap, définies par les MDPH, et du travail interdisciplinaire avec d'autres professionnels du TDC). Cette formation doit s'inscrire dans les formations initiales au travers d'un module conséquent sur les « troubles des apprentissages » ou « troubles du neuro-développement » et être intégrée dans le programme des concours, plus précisément, dans le cadrage national en direction des Écoles supérieures du professorat et de l'éducation (ESPE). Elle doit aussi s'inscrire dans les formations continues (par des outils en ligne par exemple).

Trop souvent encore, les accompagnants des élèves en situation de handicap (AESH ou AVS), ne sont pas assez formés et ne connaissent que trop peu les troubles des élèves qu'ils accompagnent. Il en résulte des difficultés pour accompagner et aider l'enfant. **Le groupe d'experts recommande** de former les AESH et les AVS sur le TDC et sur les adaptations possibles dans le cadre scolaire au bénéfice des enfants.

Enfin, il existe peu de propositions d'activités physiques inclusives, que ce soit dans le cadre scolaire ou dans les loisirs. **Le groupe d'experts recommande** de sensibiliser et former des enseignants et des professionnels des loisirs à proposer des activités inclusives qui peuvent être adaptées en fonction des difficultés motrices.

RECOMMANDATIONS DE RECHERCHE

Le groupe d'experts recommande de soutenir une recherche de qualité en encourageant les équipes pluridisciplinaires et facilitant l'accès aux données et aux infrastructures nécessaires

La littérature scientifique sur le TDC est de qualité très inégale, avec des biais méthodologiques récurrents, et appelle à une certaine vigilance dans l'interprétation des résultats.

Afin d'obtenir des résultats plus robustes et de favoriser les comparaisons entre travaux, **le groupe d'experts recommande** de soutenir une recherche respectueuse des standards méthodologiques avec :

- une définition précise de la population recrutée et des critères d'inclusion-exclusion (lieu de recrutement, outils et seuils utilisés, etc.) ;
- un respect de l'ensemble des critères du DSM en vigueur pour l'identification des individus présentant un TDC ;
- des renseignements sur les éventuels troubles associés ;
- un effectif suffisant au regard des objectifs attendus, des études de réplication, etc.

Cela peut passer par des appels à projets de recherche fléchés sur le TDC ou des axes bien identifiés dans des appels à projets plus généraux.

Le TDC et les personnes présentant un TDC sont des « objets de recherche » complexes qui appellent à la pluridisciplinarité. Or, trop souvent les chercheurs restent au sein de leur communauté disciplinaire avec leurs supports de publications spécifiques. **Le groupe d'experts recommande** d'encourager les alliances entre diverses disciplines, plus particulièrement entre recherche fondamentale et clinique mais aussi avec la recherche en sciences sociales dans des équipes pluridisciplinaires permettant l'articulation entre différents types de connaissances scientifiques. Les approches écologiques (en situation ou contextualisées dans les cadres scolaire, familial, de loisir, etc.) et qualitatives, très insuffisantes pour l'instant, méritent particulièrement d'être soutenues.

S'il existe de nombreuses données exploitables pour produire des connaissances sur le TDC, les chercheurs ont des difficultés pour y accéder. **Le groupe d'experts recommande** de faciliter l'accès des chercheurs aux données des institutions (MDPH, Éducation nationale, études épidémiologiques et suivis des cohortes, etc.) pour mener des recherches publiques, par une meilleure information sur les données existantes et par des possibilités d'accès facilitées (avec les précautions nécessaires).

Il n'existe pas de véritable étude épidémiologique sur le TDC dans le contexte français. L'accès à certaines données et les moyens de les compléter et de les exploiter pourrait permettre de pallier à ce manque. **Le groupe d'experts recommande** de développer des études épidémiologiques sur le TDC en France pour bénéficier d'une meilleure connaissance des populations concernées.

Plus largement, **le groupe d'experts recommande** de permettre l'accès à une infrastructure de recherche nationale de type cohorte et pouvoir intégrer des

paramètres spécifiques dédiés au TDC dans le protocole expérimental. Des équipes pluridisciplinaires (fondamentales, cliniques mais aussi en sciences humaines et sociales) pourraient ainsi mener des études longitudinales permettant notamment d'explorer la dynamique des mécanismes sous-jacents au TDC au cours du développement ainsi que de suivre les trajectoires des individus notamment en matière d'orientation d'étude et/ou de parcours professionnel. Une infrastructure de ce type permettrait notamment de répondre aux besoins de puissance statistique nécessaire pour résoudre notamment les problèmes des résultats discordants de la littérature et faciliter la détection de sous-types de TDC sur lesquels reposent des enjeux de recherche mais aussi sociétaux importants. Les études longitudinales permises par une telle infrastructure permettraient d'une part de récupérer et/ou recueillir des données à des périodes critiques en cours de développement (petite enfance : « 3 ans » ; installation des grandes acquisitions scolaires : « 5-8 ans » ; et leur consolidation ; devenir des personnes présentant un TDC à l'adolescence jusqu'à l'âge adulte), notamment par la mise en place d'interventions spécifiques de recherche à des périodes clés (protocole expérimental ou/et clinique, enregistrements de corrélats cérébraux, questionnaires, entretiens compréhensifs, etc.). D'autre part ces études pourraient répondre au besoin de données qualitatives sur les trajectoires des personnes présentant un TDC, entre autres, pour appréhender plus finement les parcours de soin et de santé, les parcours scolaires et saisir par exemple si certains facteurs sociaux sont liés à des parcours particuliers. Une telle infrastructure favoriserait également le croisement et la corrélation des données issues des différents champs d'étude tels que les aspects sensorimoteurs, cognitifs, cérébraux, génétiques, scolaires, de prise en charge, etc., mais aussi le croisement des données expérimentales et qualitatives, essentiels pour faire avancer les connaissances dans le champ du TDC.

Le groupe d'experts recommande de renforcer les recherches expérimentales et cliniques pour caractériser la grande hétérogénéité du TDC, comprendre les mécanismes et les corrélats cérébraux et génétiques sous-jacents

Si d'indéniables avancées ont été réalisées depuis quelques dizaines d'années, il reste encore beaucoup à faire pour mieux caractériser la diversité de profils recouverte par le terme TDC ainsi que les mécanismes et corrélats sous-jacents.

Le groupe d'experts recommande de renforcer les études pour caractériser l'hétérogénéité des tableaux cliniques, mettre en évidence ce qui est, ou non, spécifique au TDC et établir des sous-types. Il s'agit de soutenir des études intégrant des évaluations multidimensionnelles qui croisent les différents domaines évalués (ensemble des fonctions cérébrales impliquées) grâce à des outils standardisés et normés. Le groupe d'experts recommande en particulier d'approfondir les connaissances sur les articulations entre troubles perceptifs et TDC pour identifier dans quelle mesure ils sont caractéristiques d'un sous-groupe de TDC ou relèvent d'une autre pathologie. Le groupe d'experts recommande également d'approfondir les recherches sur les troubles de l'écriture et notamment sur la spécificité de ces troubles chez les enfants présentant un TDC par rapport à ceux qui présentent d'autres troubles neuro-développementaux (TDA/H, dyslexie, etc.).

Le groupe d'experts recommande de renforcer les recherches sur les mécanismes cognitifs sous-jacents au TDC et les conditions dans lesquelles les troubles apparaissent :

- sur la perception, et notamment sur le couplage perception-action. Une grande hétérogénéité est constatée dans les déficits neuro-visuels, et leur impact sur la motricité n'est pas encore clairement établi ;
- sur différentes formes d'attention (soutenue, préparatoire, divisée, sélective) pour lesquelles il existe peu d'études. Pour l'attention divisée, il importe notamment de développer des études contrôlées, avec notamment un examen précis de la 2^e tâche dans les situations de double tâche. Il convient également de préciser les liens entre attention et motricité dans le TDC ;
- sur les apprentissages et les différents types de mémoire pour lesquels les résultats ne sont pour l'instant pas unanimes. Il s'agira ici de mettre en évidence les conditions et contextes dans lesquels les difficultés d'apprentissage se manifestent.

Le groupe d'experts recommande de renforcer les recherches dans le champ de la sensorimotricité. Avec l'évolution des concepts et théories du contrôle moteur et, plus récemment, des techniques d'imagerie permettant un nouvel accès aux corrélats cérébraux sous-jacents, la littérature internationale sur les troubles sensorimoteurs des enfants porteurs d'un TDC présente aujourd'hui des hypothèses prometteuses pour comprendre les mécanismes du TDC, notamment les hypothèses d'un déficit du couplage perception-action ou d'un déficit des modèles internes. Ces hypothèses doivent maintenant être approfondies. Cela peut passer par des études qui évaluent le couplage perception-action, notamment dans la perception visuo-spatiale pour tester la voie visuelle dorsale impliquée à la fois dans la perception et

l'action. Une autre piste serait de mener des travaux sur l'imagerie motrice – qui est affectée de manière hétérogène chez les personnes présentant un TDC – afin de mieux comprendre les représentations sensorimotrices et le développement proprioceptif en lien direct avec la construction du schéma corporel. Plus généralement, il importe d'aborder l'apprentissage sensorimoteur dans toute sa complexité en associant plus fréquemment le développement sensorimoteur et le développement des fonctions exécutives, notamment inhibition, mémoire de travail, représentation interne et anticipation.

Pour mieux comprendre les corrélats cérébraux sous-jacents au TDC et notamment déterminer les régions impliquées et la construction de leurs réseaux fonctionnels, les attentes envers la neuro-imagerie sont importantes. Pour autant, les travaux existants sont très récents, encore peu nombreux et souffrent de multiples problèmes méthodologiques. **Le groupe d'experts recommande** de poursuivre l'effort de recherche en neuro-imagerie pour identifier les corrélats neuronaux des déficits associés au TDC avec une grande vigilance méthodologique pour identifier des résultats fiables (taille des échantillons à augmenter, écarts d'âge, critères d'inclusion et d'exclusion, etc.). Il pourrait être particulièrement intéressant de constituer progressivement une banque d'images cérébrales structurales et fonctionnelles d'enfants présentant un TDC (avec et sans troubles associés) à des fins de recherche (et non de diagnostic). Les études sur les corrélats cérébraux du TDC avec d'autres techniques d'explorations cérébrales sont à encourager (EEG quel que soit l'âge, stimulation magnétique transcrânienne chez l'adulte présentant un TDC, etc.).

À ce jour, quelques gènes candidats pour les troubles de la coordination motrice ont été proposés et offrent des gènes candidats potentiels pour le TDC. **Le groupe d'experts recommande** de développer les recherches concernant la génétique du TDC. Les récentes études particulièrement prometteuses soulignent la nécessité d'études génétiques sur de larges cohortes de patients présentant un TDC. Il serait en particulier important de mener ces analyses génétiques auprès d'enfants présentant un TDC isolé, et dont le diagnostic de TDC est fiable, afin de pouvoir identifier les gènes impliqués spécifiquement dans ce trouble et de les différencier de ceux impliqués dans d'autres troubles associés, en particulier le TDA/H. Dans ce contexte, la constitution d'une banque de données de matériel génétique d'enfants diagnostiqués avec un TDC et de leur famille (avec et sans troubles associés) représenterait un outil précieux de recherche (et non de diagnostic). Le groupe d'experts recommande donc d'encourager les services de génétique à mettre des ressources humaines sur les troubles neuro-développementaux, dont le TDC, et récupérer ce type de données (*via* des cohortes, des consultations génétiques, etc.).

Le groupe d'experts recommande de développer des recherches pour mieux cerner les répercussions du TDC sur la participation et le vécu des individus

La littérature scientifique rapporte que la participation et la qualité de vie des personnes présentant un TDC sont clairement impactées, en particulier dans le contexte scolaire et concernant les activités physiques. Néanmoins, l'importance du contexte, notamment le contexte national (dans ses dimensions politique, culturelle et institutionnelle) pour la participation et la qualité de vie mis en regard avec la rareté des publications françaises sur ce sujet invite à une certaine prudence dans l'interprétation des résultats avancés. **Le groupe d'experts recommande** de développer des études de participation et qualité de vie en France dans différents contextes (en milieu scolaire et hors milieu scolaire, mais aussi en milieu professionnel) pour identifier quelles sont les spécificités françaises et mieux comprendre les contextes et mécanismes qui aboutissent à une limitation de la participation et une moindre satisfaction de la qualité de vie.

Par ailleurs, la qualité de vie est une notion subjective, dont la mesure est généralement recueillie par un questionnaire préétabli, sans adaptation spécifique au TDC. En complément de cette approche, **le groupe d'experts recommande** de développer des recherches recourant à des approches qualitatives (comptes rendus d'observations, entretiens longs, etc.) pour saisir également les représentations et les vécus des personnes présentant un TDC et acquérir ainsi une compréhension plus fine des situations.

Concernant plus spécifiquement l'activité physique, la littérature se contente souvent de décrire et identifier les liens entre les activités physiques et un certain nombre de caractéristiques qui seraient particulièrement altérées chez les enfants porteurs de TDC (masse corporelle, système cardio-vasculaire, consommation d'oxygène en fonction du degré d'activité, etc.) grâce à diverses mesures. Or la compréhension de ce qui fonde ce déficit d'activité paraît particulièrement pertinente et nécessaire mais est pourtant peu explorée. **Le groupe d'experts recommande** de développer des recherches qualitatives sur l'activité physique, en particulier sur :

- les impacts de différents types, et conditions de pratique, d'activités physiques sur la participation, la qualité de vie et le bien-être ;
- les activités socialement significatives pour les enfants (ce à quoi les enfants jouent, qui a du sens pour eux, auquel ils prennent du plaisir à jouer et qu'ils désirent pratiquer) dont on sait qu'elles ont un rôle sur le développement de la motricité, sur la perception de soi et les relations aux autres ;

- sur les conditions de mise en œuvre d'activités physiques et de sport inclusifs qui favorisent la participation des personnes présentant un TDC.

Le groupe d'experts recommande de renforcer les recherches sur les adolescents et adultes présentant un TDC

Il existe peu de recherches sur les adolescents et adultes présentant un TDC. Il s'agit pourtant d'un enjeu de connaissance à plusieurs niveaux :

- au niveau clinique pour le diagnostic et la prise en charge, en particulier pour les adolescents (certains sont repérés tardivement car ils ont mis en place des stratégies de compensation propres qui ne suffisent plus avec l'augmentation des exigences scolaires par exemple) dans la mesure où il y a peu d'outils correspondant à cette tranche d'âge et pas de parcours de santé identifié ;
- au niveau expérimental pour étudier les aspects cognitivo-moteurs chez le jeune adulte présentant un TDC (modèle plus stabilisé que chez l'enfant et l'adolescent) et ses évolutions jusqu'au grand âge ;
- au niveau social concernant i) la prise en charge et l'accompagnement, en particulier à propos des orientations scolaires et des parcours professionnels, ii) l'information et la formation des enseignants, iii) les situations de handicap et les vécus en fonction des environnements (par ex. : difficultés rencontrées à l'université ou dans d'autres filières de formation, recours à la reconnaissance de la qualité de travailleur handicapé (RQTH) dans le cadre professionnel ?), et iv) les stratégies de résilience, de compensation et d'adaptations mises en place (leurs réussites et échecs, etc.).

Pour répondre à ces enjeux, **le groupe d'experts recommande** de renforcer les recherches sur les adolescents et adultes présentant un TDC, tant au niveau expérimental que de la recherche clinique ou de la recherche en sciences humaines et sociales.

Le groupe d'experts recommande de renforcer les recherches sur les outils d'évaluation par rapport au TDC concernant les études sensorimotrices, cognitives et les corrélats cérébraux mais aussi la participation et la qualité de vie

Bien que plusieurs outils existent pour évaluer différentes fonctions sur les plans neuromoteur, sensori-moteur, moteur et cognitif, aucun n'est unanimement reconnu pour le diagnostic du TDC. Par ailleurs, pour les fonctions

cérébrales, les tests standardisés ne couvrent pas toute l'ontogénèse ce qui limite la mise en évidence de la maturation cérébrale des fonctions altérées par le TDC. Il n'existe pas non plus d'outil validé qui présenterait une plus grande sensibilité permettant, non pas d'établir un diagnostic mais de suivre plus précisément les impacts d'interventions menées auprès des personnes présentant un TDC.

Plusieurs outils existent concernant la participation et la qualité de vie, mais ne sont ni traduits en français ni normés pour une population française et aucun n'apparaît complètement satisfaisant pour évaluer la participation et la qualité de vie des personnes présentant un TDC, aucun des questionnaires existant n'étant spécifique à ce trouble.

Le groupe d'experts recommande de :

- réaliser des études de validité culturelle et produire des données normées pour une population française, allant de l'enfance à l'âge adulte, pour les outils en langue anglaise ;
- étendre les tests standardisés tout au long de l'ontogénèse (enfant mais aussi jeune enfant, adolescents et jeunes adultes) ;
- développer et encourager des études de validité envers le TDC pour les outils existants en français ;
- soutenir la recherche et le développement d'outils standardisés, à étalonner et adapter avec une population française, pour les évaluations utiles pour le diagnostic, mais aussi pour évaluer les impacts d'interventions (la sensibilité recherchée n'est pas forcément la même) ;
- réaliser des études analysant la sensibilité des tests ou questionnaires existants pour objectiver des changements après une intervention ;
- développer des recherches pour valider des questionnaires destinés aux enfants, parents, enseignants et tenant compte des difficultés de la vie quotidienne et scolaire ainsi que de la qualité de vie des personnes vivant avec un TDC.

S'il existe des tests pour l'évaluation de l'imagerie motrice chez l'adulte, aucun n'a pour l'instant été développé pour l'enfant. Au regard des hypothèses prometteuses portant sur un déficit des modèles internes et de l'imagerie motrice, **le groupe d'experts recommande** de soutenir un travail de recherche développementale pour construire (puis étalonner et valider) des outils d'évaluation des modèles internes en s'inspirant de tests existants déjà pour l'adulte. Cela faciliterait le recueil de données pour tester ensuite l'hypothèse du déficit des modèles internes.

Le développement de technologies offre de nouvelles opportunités dans le domaine de l'évaluation du TDC. Néanmoins, la recherche ne s'est pas encore emparée de ce sujet. **Le groupe d'experts recommande** de mener des recherches prospectives sur l'intérêt d'outils d'évaluation avec des notations et cotations automatisées ou de nouveaux outils connectés plus ergonomiques en soutien aux professionnels de santé, dans l'optique de permettre un gain de temps et de minimiser les biais d'erreurs face à une demande croissante d'évaluation, ainsi que d'enrichir les données de la recherche sur le TDC. Il ne s'agit en aucun cas de se substituer aux professionnels compétents mais de les appuyer dans leur pratique de contribution au diagnostic.

Le groupe d'experts recommande de poursuivre les recherches pour évaluer les interventions les plus pertinentes en fonction des profils et les modèles d'organisation des prestations les plus efficaces

Si la littérature scientifique atteste de l'efficacité des interventions proposées aux personnes présentant un TDC en comparaison de l'absence d'interventions, les résultats restent limités lorsqu'il s'agit d'identifier quelles sont les interventions les plus adaptées selon les types de profils. **Le groupe d'experts recommande** de développer des recherches pour évaluer les interventions les plus pertinentes en fonction des profils et précise que ces évaluations doivent intégrer des mesures de résultats non seulement sur les fonctions mais également sur les activités et la participation (avant/après) ainsi que sur la qualité de vie, ce qui n'est souvent pas le cas dans la littérature existante.

Concernant plus spécifiquement la remédiation de l'écriture manuscrite, la littérature n'apporte pas un niveau de preuve suffisant pour recommander un ou plusieurs types de remédiation ou pour orienter vers certains types de compensations. Au regard des enjeux portant sur l'écriture manuscrite, **le groupe d'experts recommande** de développer des recherches sur la validité et l'efficacité de la remédiation de l'écriture et des compensations habituellement préconisées.

Enfin, la plupart des travaux évaluent l'efficacité des interventions en mesurant uniquement les performances motrices sans s'intéresser aux fonctions cognitives impliquées, encore moins à la structure ou au fonctionnement cérébral. **Le groupe d'experts recommande** de développer des recherches pour comprendre comment les interventions (en psychomotricité, activités physiques adaptées, ergothérapie, etc.) peuvent moduler les déficits de certaines fonctions cognitives (notamment les fonctions exécutives et l'imagerie motrice) mais aussi les fonctions psychoaffectives, ainsi que les corrélats cérébraux associés.

Le groupe d'experts recommande de développer des travaux en sciences sociales sur les modes de prise en charge et les acteurs

Il existe peu de publications scientifiques en sciences sociales concernant les personnes présentant un TDC ou leur prise en charge. Les enjeux de connaissances sont pourtant multiples pour une meilleure compréhension des situations dans l'optique d'une amélioration des parcours de santé. Ces enjeux se situent tant au niveau des politiques publiques et de leur application, que du fonctionnement et des pratiques des institutions et acteurs concernés en passant par les aspects économiques liés au TDC ou encore les trajectoires des personnes présentant un TDC.

Le groupe d'experts recommande de produire des recherches sur les politiques publiques qui ne portent pas seulement sur le handicap en général, de manière transversale, mais envisagent les spécificités des différentes catégories de handicap, notamment les troubles des apprentissages et les TDC. Il pourrait par exemple s'agir d'étudier les mises en œuvre locales des politiques publiques du handicap dans le cas des TDC pour rendre compte des spécificités aux échelles régionale et départementale.

Le groupe d'experts recommande de produire des états des lieux des territoires sur les acteurs et institutions impliqués autour du TDC ainsi que sur leurs pratiques et fonctionnement avec des données quantitatives et qualitatives. Il importe notamment d'apporter des connaissances sur l'articulation entre les acteurs sanitaires, médico-sociaux et ceux de l'Éducation nationale au travers des parcours de santé et de scolarité d'enfants présentant un TDC, la fluidité de ces parcours, impliquant de multiples acteurs, étant un enjeu particulièrement important pour les familles concernées. Des travaux sur les MDPH permettraient par ailleurs de mieux caractériser les différents parcours afin de lutter contre les disparités géographiques. Ces travaux pourraient éventuellement être utiles dans la perspective de concertations territoriales entre les différents acteurs afin de fluidifier les parcours.

Aucune étude en sciences économiques n'aborde la question des coûts ou des pratiques financières liés au TDC. Or, les aspects économiques ressortent régulièrement comme des freins ou des blocages à l'accès au diagnostic ou à une prise en charge adaptée. **Le groupe d'experts recommande** d'évaluer les coûts du diagnostic et de la prise en charge, les usages et pratiques de financement qui permettent ou non d'accéder au diagnostic, aux soins, aux adaptations et compensations ainsi que les trajectoires des enfants au travers des coûts, dans une perspective quantitative. Ce type de travaux permettrait notamment d'éclairer un des aspects importants des inégalités sociales dans le TDC.

Afin de saisir les trajectoires des personnes porteuses de TDC dans leur complexité et en articulant des dimensions sanitaires, scolaires et professionnelles, **le groupe d'experts recommande** de produire des recherches quantitatives et qualitatives sur ces trajectoires. Celles-ci pourraient s'appuyer sur une cohorte, comme indiqué précédemment, mais pas uniquement. L'enjeu est notamment d'être en mesure d'identifier d'éventuelles ruptures ou bifurcations de trajectoires récurrentes ainsi que des facteurs de « succès » ou d'« échecs » des parcours.

Une littérature à l'interface entre littérature professionnelle et scientifique a permis de saisir quelques pratiques professionnelles. La littérature sur ce sujet reste néanmoins très sporadique et ses résultats limités alors que le paysage des professionnels impliqués dans le TDC est encore méconnu. **Le groupe d'experts recommande** de produire des recherches sur la division du travail et les acteurs en présence autour des TDC. Du côté des professionnels, il s'agit notamment d'étudier les professions paramédicales investies dans le diagnostic et la prise en charge des TDC (notamment les ergothérapeutes et psychomotriciens), en portant une attention non seulement au travail prescrit (décrets de compétences etc.) mais aussi au travail réel (modalités de travail concrètes). La division du travail et les modes de coordination informelle à l'intérieur et à l'extérieur des établissements ou institutions (centres de références, centres médico-psycho-pédagogiques – CMPP) ou des instances ou réunions (équipes de suivi de scolarisation dans les établissements scolaires, CDAPH ou équipes pluridisciplinaires dans les MDPH) méritent aussi d'être analysés, tout comme les acteurs profanes que sont les parents, mais aussi les associations, par une analyse du travail qu'ils effectuent en amont du diagnostic ainsi que dans la coordination des pratiques de rééducation, d'adaptation et de compensation. Les interactions (dans le temps notamment) entre les professionnels et les profanes ainsi qu'entre les familles et les institutions, constituent d'ailleurs un objet de recherche particulièrement intéressant lorsque l'on connaît la rhétorique du « parcours du combattant » utilisée par les associations de familles pour décrire les parcours de santé et de scolarité et notamment les relations que les familles ont avec l'école (les enseignants, l'institution et ses procédures, etc.).

Enfin, il n'existe pas de littérature sur ces associations de familles, qui sont pourtant particulièrement présentes auprès des familles concernées sur différents territoires ainsi que dans le paysage politique. **Le groupe d'experts recommande** d'étudier l'histoire, les mobilisations et les revendications des associations en faveur de la « dyspraxie » et leur articulation avec la cause des « dys ».

Le groupe d'experts recommande de développer des recherches sur les situations de handicap en milieu scolaire pour les personnes présentant un TDC et sur l'école inclusive

Les travaux rapportant une participation limitée des enfants présentant un TDC dans le cadre scolaire amènent à interroger le rôle de l'école dans la transformation du trouble en handicap. Or, les travaux sur l'école, qui plus est menés majoritairement en contexte anglophone, ne permettent ni de comprendre précisément de quelle situation de limitation il s'agit, ni ce qui crée ces situations de limitation. L'enjeu est pourtant de disposer d'éléments de compréhension des dysfonctionnements qui produisent des mises à l'écart des enfants présentant un TDC, pour contribuer au cheminement vers une école inclusive en capacité d'accueillir tous les enfants, telle que promue par la loi de 2005 sur les personnes handicapées. Ces éléments pourraient d'ailleurs alimenter les formations des enseignants de manière concrète. **Le groupe d'experts recommande** de produire des recherches qualitatives pour saisir comment les troubles fonctionnels du TDC se transforment en handicap au sein de l'école et comment celle-ci peut limiter ces situations de handicap. Il s'agit d'observer et d'analyser comment l'école accueille ces élèves, de la maternelle à l'université en passant par les filières techniques et d'apprentissage : comment se font la prise en compte et l'accompagnement tout au long de la scolarité, avant puis après le diagnostic et dans les cas de PPS comme de PPA ; comment l'école met, ou non, en œuvre les stratégies inclusives et les aménagements ; quels sont les usages des outils de compensation, et leurs impacts ; quelles autres stratégies sont mises en place, etc. Il s'agit aussi d'évaluer spécifiquement les répercussions des difficultés issues du trouble (fatigabilité, lenteur, mises à l'écart...) dans le cadre de l'enseignement ordinaire. Enfin, il importe d'effectuer un suivi dans le temps et de travailler sur les transitions et notamment sur la manière dont se poursuit la carrière des enfants vivant avec un TDC au moment de l'entrée dans la vie adulte (16-25 ans) que cette carrière emprunte les voix de l'apprentissage et de la professionnalisation ou qu'elle se poursuive dans l'enseignement supérieur. Dans une logique transversale suivant les parcours des individus, ces approches pourraient permettre de saisir non seulement comment se produisent les difficultés en milieu scolaire ordinaire mais aussi les adaptations et compensations qui ont fonctionné, ou non, ainsi que la manière avec laquelle les enfants vivant avec un TDC parviennent à surmonter les difficultés dont les stratégies qu'ils déploient pour compenser ce que l'école produit sur eux comme handicap.

Concernant les adaptations mises en œuvre au sein de l'école, la littérature scientifique est pauvre. Elle ne présente que quelques pratiques professionnelles concernant la mise en place d'un ordinateur pour compenser l'écriture manuscrite ainsi que quelques approches plus globales dont l'objectif est de permettre à l'enfant d'apprendre à l'école sans être gêné par son trouble de coordination. Les besoins en méthodes et outils de compensation pour les élèves comme pour les enseignants sont pourtant importants. **Le groupe d'experts recommande** de développer et évaluer des méthodes et outils de compensation en milieu scolaire pour compenser les difficultés d'écriture manuscrite mais aussi celles induites par le trouble dans d'autres domaines (lecture, géométrie, mathématiques, etc.).

Analyse

I

Définitions, épidémiologie et troubles associés

1

Questions préalables et terminologie

Les terminologies, définitions et classifications relatives au trouble développemental de la coordination (TDC) font encore débat dans les communautés des chercheurs et des cliniciens et leur diversité est susceptible d'entraîner des confusions pour l'ensemble des acteurs concernés (chercheurs, professionnels de santé, personnes avec TDC et leurs familles, enseignants, etc.). Dans ce chapitre nous proposons donc un éclairage historique sur les principaux termes utilisés en recherche pour se référer à des troubles de la motricité intentionnelle. Nous porterons ensuite une attention particulière aux liens entre TDC et dyspraxie (de développement), termes retenus comme synonymes dans le cadre de cette expertise, le premier renvoyant plutôt au champ scientifique, le second à celui des usages sociaux. Enfin, une synthèse concernant les études de sous-types de TDC qui tentent de caractériser l'hétérogénéité des tableaux cliniques sera présentée.

Définitions préalables

S'agissant des troubles du geste ou de la motricité intentionnelle, la définition de plusieurs termes est un préalable nécessaire : motricité, mouvement, coordination, geste, praxie.

À un niveau purement neuromusculaire, la motricité est l'organisation mécanique du mouvement ou du geste. Le mouvement, ou activité de transport selon l'expression de Turvey et coll. (1978), correspond au déplacement d'un ou plusieurs segments corporels qui peut être effectué en fonction d'un but à atteindre et sera alors qualifié de finalisé ou d'intentionnel. La coordination est le « processus de maîtrise des degrés de liberté²⁷ redondants d'un organe mobile, en d'autres termes sa conversion en un système contrôlable » (Bernstein, 1967), ou encore la « mise en ordre, l'agencement calculé des parties

27. On appelle degrés de liberté les différents axes de mouvement d'une articulation.

d'un tout selon un plan logique et en vue d'une fin déterminée. »²⁸ Les gestes sont des « comportements moteurs finalisés dont le but est soit la communication, soit l'utilisation » (Signoret et North, 1979).

Les définitions du terme de praxie sont nombreuses et diverses, renvoyant à une approche cognitive de la motricité et s'insérant pour partie dans un cadre neuropsychologique. Ainsi Piaget (1960, p. 551) met l'accent à la fois sur la coordination et sur l'intentionnalité : « Les praxies ou actions ne sont pas des mouvements quelconques, mais des systèmes de mouvements coordonnés en fonction d'un résultat ou d'une intention. » Ayres et coll. (1987, p. 94), pour leur part, insistent sur le double aspect de planification et d'exécution : « Les praxies sont des habiletés spécifiquement humaines permettant au cerveau de concevoir, d'organiser, et de réaliser des interactions intentionnelles directes avec le monde physique. » D'autres auteurs se limitent à l'aspect mnésique et considèrent que « schématiquement on pourrait définir une praxie en "représentation stockée des mouvements appris" » (Leroy-Malherbe, 2006, p. 99).

Ces termes, parfois issus de disciplines différentes, partagent cependant l'idée d'une organisation de la motricité en fonction d'un but ou d'une fin et d'une coordination (des membres, des degrés de liberté, des mouvements). Selon les cas de figure et les modèles théoriques, le but ou l'effet du mouvement peuvent être anticipés, planifiés, et le mouvement faire l'objet d'un contrôle pour s'assurer de sa réalisation effective.

Évolution historique des termes utilisés

Sous des appellations diverses, les troubles de la motricité intentionnelle constituent un motif fréquent de consultation.

Différents termes ont été et sont toujours utilisés pour les désigner, la question de savoir s'ils désignent les mêmes réalités cliniques étant toujours l'objet de débats. Les variations terminologiques proviennent tout à la fois des usages présents dans les différentes professions et disciplines qui s'y intéressent (Henderson et Barnett, 1998 ; Henderson et Henderson, 2003 ; Peters et coll., 2001 ; Magalhães et coll., 2006), de leur appropriation par la société, de particularités régionales comme l'utilisation notamment en Suède du terme de « déficit en attention, contrôle moteur et perception » (DAMP ; Gillberg, 2003), mais également de l'évolution des connaissances et des idées (figure 1.1).

Lorsque Missiuna et Polatajko (1995) répertorient les termes utilisés depuis 1970 dans 66 articles scientifiques, les résultats sont les suivants : 68 % d'entre eux parlent d'« enfants maladroits », 15 % de « dysfonctionnement de l'intégration sensorielle », 9 % de « trouble développemental de la coordination (TDC) » et 8 % de « dyspraxie de développement ». Dix ans plus tard, une analyse similaire de la littérature publiée entre janvier 1995 et décembre 2005 rapporte que, dans les 319 articles retenus, le terme de « TDC » est utilisé dans 52,7 % d'entre eux, celui d'« enfant maladroit » dans 7,2 %, celui de « dyspraxie de développement » dans 3,5 %, et celui de « dysfonctionnement de l'intégration sensorielle » dans seulement 2,5 % (Magalhães et coll., 2006). L'évolution entre ces deux études est directement liée à la première conférence de consensus The International Consensus Meeting on Children and Clumsiness, qui s'est tenue en 1994 à London en Ontario (Polatajko et coll., 1995) et qui avait rassemblé des patients, des cliniciens et des chercheurs. À cette occasion, l'utilisation du terme de *Developmental Coordination Disorder* est recommandée comme mot-clé dans les publications afin de faciliter la recherche bibliographique. À noter que ce terme anglais a été traduit par « trouble développemental de la coordination » dans la dernière version française du *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM-5, APA, 2015), remplaçant ainsi le terme de « trouble de l'acquisition de la coordination (TAC) », traduction utilisée dans les versions françaises des éditions précédentes (DSM-III-R, 1989 ; DSM-IV, 1996 ; DSM-IV-TR, 2004). Ce changement de terminologie permet de se rapprocher de l'anglais qui comprend la notion de développement et non plus celle d'acquisition, laquelle peut porter à confusion.

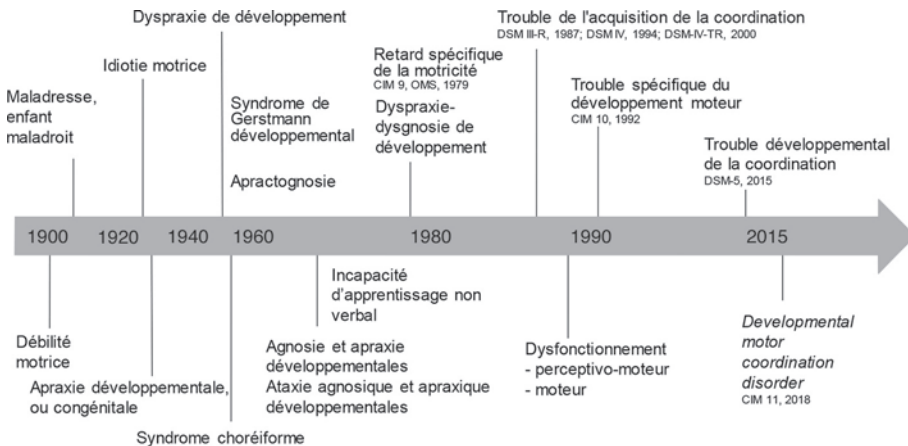


Figure 1.1 : Évolution historique des termes employés

La maladresse et l'enfant maladroit

La maladresse (*clumsiness* ou *awkwardness*) et la qualification d'enfant maladroit se retrouvent dans la littérature scientifique du début du XX^e siècle et persisteront jusque dans les années 1980 (Gordon et McKinlay, 1981). Le terme est progressivement abandonné pour son caractère vague et péjoratif (Miyahara et Register, 2000 ; Peters et coll., 2001 ; Gibbs et coll., 2007). Cependant et de manière paradoxale, lors d'une enquête réalisée auprès de 234 professionnels de la santé et de l'éducation, auxquels on demandait de définir par écrit les termes de « maladroit », « dyspraxie » et « trouble développemental de la coordination », seul « maladroit » a reçu une définition par l'ensemble des participants, alors que 7 % d'entre eux ne donnent pas de définition de la dyspraxie et 32 % pour le TDC.

Apraxie versus dyspraxie

Les appellations de dyspraxie et d'apraxie ont été utilisées aussi bien chez l'adulte pour désigner des degrés de gravité différents dans les troubles de la motricité intentionnelle survenant à la suite d'une atteinte cérébrale (Hécaen et Angelergues, 1965 ; Gazzaniga et coll., 1967 ; Baxter, 2012), que chez l'enfant pour décrire les manifestations pathologiques observées au cours du développement. Orton (1937) parle ainsi d'apraxie développementale ou congénitale, terme que l'on retrouve jusqu'à la fin des années 1980 (Iloeje, 1988), quelquefois associé à ceux d'agnosie et d'ataxie. Baxter (2012) mentionne la dyspraxie motrice acquise consécutive à un ensemble d'encéphalopathies. Missiuna et Polatajko (1995) rapportent également que certains auteurs comme Ayres ont utilisé successivement les termes d'apraxie développementale puis de dyspraxie développementale.

Progressivement la distinction s'opère, réservant le terme d'apraxie aux troubles touchant la motricité intentionnelle secondaires à une lésion cérébrale dans lesquels les sujets perdent des habiletés précédemment maîtrisées et celui de dyspraxie à la difficulté ou à l'absence d'acquisition d'un ensemble d'habiletés motrices au cours du développement. Le terme de dyspraxie développementale est alors réservé aux troubles dépourvus de contexte neurologique (Mazeau, 2010).

En France, le terme de dyspraxie, renvoyant à l'expression plus précise de « dyspraxie de développement », est celui encore privilégié parmi les personnes directement touchées et leurs proches comme l'indiquent notamment les noms des principales associations de famille concernées – Dyspraxique mais fantastique et Dyspraxie France dys – mais aussi par nombre de

professionnels des secteurs médical, médico-social et social impliqués. À noter que le préfixe –dys permet un rapprochement avec d'autres troubles neuro-développementaux spécifiques dans ce qui est parfois appelé « la constellation des dys » (dyslexies, dyscalculies, dysorthographies, etc.).

Dyspraxie de développement

L'origine exacte du terme « dyspraxie de développement » est difficile à déterminer mais son utilisation est attestée au milieu du siècle dernier (Langford, 1955). Par la suite, les définitions seront multiples. Certains auteurs insistent sur l'aspect gestuel, avec les praxies idéomotrices²⁹ et idéatoires³⁰ (Ayes et coll., 1987 ; Dewey, 1995 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b) alors que d'autres mettent en avant les praxies visuo-constructives³¹ (Stambak et coll., 1964 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b), une distinction pouvant aussi être faite entre la planification et les fonctions exécutives d'une part, et l'exécution et la coordination du geste d'autre part (Ahonen et coll., 2004 ; Costini et coll., 2017).

Ces distinctions se retrouvent dans les définitions données. Pour Dewey (1995), « la dyspraxie de développement est un trouble de la performance gestuelle. Il entraîne un déficit de performance des gestes figuratifs (gestes relatifs à des actes ayant un sens comme dire au revoir), des gestes non figuratifs (gestes relatifs à des actes dépourvus de sens comme l'imitation de postures), et des séquences de gestes (combinaison de gestes qui consistent en la réalisation adéquate d'une séquence d'actions comme beurrer une tartine de pain) chez des enfants dont les habiletés motrices de base sont intactes. » Ce point de vue très général est précisé par Mazeau (2006, p. 148) qui considère que les dyspraxies sont « des troubles spécifiques qui ne touchent pas l'ensemble des gestes mais prédominent nettement (voire exclusivement) sur des gestes appris, tâches complexes nécessitant une suite de gestes organisés spatialement ». Ce terme générique peut s'appliquer à des troubles survenant en l'absence d'un contexte neurologique (dyspraxie développementale) ou « au décours d'événements pathologiques néonataux

29. Les praxies idéomotrices regroupent des gestes simples, transitifs (utilisation d'objets ou pantomime) ou intransitifs (sans objets), symboliques ou sans signification, sur imitation ou sur commande verbale.

30. Les praxies idéatoires renvoient à des gestes d'utilisation d'objets (Ajuriaguerra et coll., 1965), nécessitant généralement la planification d'un mouvement complexe, ou à la réalisation chronologique de séquences de mouvements.

31. Les praxies visuo-constructives rassemblent des activités telles qu'assembler, construire et dessiner. Deux types de situation sont classiquement utilisées pour les évaluer : dessiner spontanément ou sur copie des formes géométriques simples ou complexes (figure de Rey) ; construire avec des pièces de bois des arrangements en deux (test des bâtonnets, cubes du WISC), ou en trois dimensions (benton tridimensionnel).

connus, s'associant alors éventuellement à d'autres séquelles neurologiques » (Mazeau, 2010).

Pour leur part, Costini et coll. (2013, p. 202) affirment que « la dyspraxie est considérée comme un trouble de l'acquisition des gestes complexes, au cours de l'apprentissage de tâches motrices nouvelles ou inhabituelles, et dans l'élaboration de séquences gestuelles. Elle se traduit par une incapacité à planifier, organiser et coordonner des actions nouvelles en séquences. » Les auteurs (Costini et coll. 2013, p. 201) proposent aussi de distinguer dans les difficultés gestuelles de l'enfant, d'une part, celles qui concernent l'enfant « maladroit » avec « des difficultés de planification, de contrôle et d'intégration motrice et perceptive » et, « d'autre part, une altération de la représentation gestuelle sous-tendant le mouvement organisé, dans laquelle les habiletés motrices de base sont intactes ou non primordiales dans l'étiologie ».

Ces différentes positions sont toutefois nuancées par Steiman et coll. (2010, p. 73) qui « proposent que “dyspraxie développementale” soit utilisée pour décrire un signe neurologique (avec “maladresse” comme un symptôme associé possible), non comme un trouble en lui-même », en ajoutant « qu'il est nécessaire de montrer (comme dans l'évaluation de l'apraxie chez l'adulte) que le geste peut être mieux réalisé dans certaines conditions (comme lors de l'utilisation effective d'un outil) que dans d'autres (comme lors d'une pantomime sur ordre) ».

Comme le souligne plusieurs auteurs, le terme de dyspraxie fait l'objet de définitions disparates, recouvrant des processus hétérogènes (Henderson et Henderson, 2003 ; Steinman et coll., 2010 ; Costini et coll., 2014). Barray et coll. (2008) distinguent ainsi les dyspraxies d'origine développementale de celles qui seraient consécutives à une prématurité et identifient des différences lors de l'évaluation de l'attention et de la précision visuelle ainsi que de la dextérité des membres supérieurs.

Les définitions retenues pour désigner un trouble ont des conséquences sur l'évaluation qui en découle (Albaret, 2005). Costini et coll. (2014, p. 8) rappellent, par exemple, que « si l'on définit la dyspraxie comme un trouble spécifique du développement gestuel, le diagnostic impose a minima d'avoir évalué le geste » et donc de s'accorder sur les différentes situations à investiguer : « réalisation de séquences motrices (imitation dynamique), de gestes transitifs (impliquant l'utilisation réelle ou imaginée d'un objet) et intransitifs, symboliques, non significatifs (imitation de postures) ». Il en va de même pour les aspects visuo-spatiaux pour lesquels les tests disponibles sont encore peu nombreux.

Trouble spécifique du développement moteur

La Classification internationale des maladies, 10^e révision (CIM-10, OMS, 1993) classe le trouble spécifique du développement moteur parmi les troubles du développement psychologique avec la définition suivante : « Altération sévère du développement de la coordination motrice, non imputable exclusivement à un retard mental global ou à une affection neurologique spécifique, congénitale ou acquise. » Dans la plupart des cas, un examen clinique détaillé permet toutefois de mettre en évidence des signes traduisant une immaturité significative du développement neurologique, par exemple des mouvements choréiformes³² des membres, des syncinésies d'imitation³³, et d'autres signes moteurs associés, ainsi que des perturbations de la coordination motrice fine et globale. Ce manuel précise que les diagnostics de débilité motrice, dyspraxie de développement et de trouble de l'acquisition de la coordination sont inclus. Les critères d'exclusion concernent les anomalies de la démarche et de la motilité ainsi que le manque de coordination secondaire à un retard mental.

Trouble développemental de la coordination

Dès 1994, les 43 experts internationaux de la conférence de consensus de London organisée par Fox et Polatajko choisissent le terme de *Developmental Coordination Disorder* et les critères du DSM-IV-TR (APA, 1994) dans un souci d'harmonisation et de lisibilité internationale (Polatajko et coll., 1995).

Aujourd'hui, le DSM-5 inclut le trouble développemental de la coordination dans les troubles moteurs au sein des troubles neuro-développementaux (APA, 2013 ; Harris, 2014). Les critères diagnostiques du DSM-5 (APA, 2015 pour la traduction française) sont les suivants :

- A. L'acquisition et l'exécution de bonnes compétences de coordination motrice sont nettement inférieures au niveau escompté pour l'âge chronologique du sujet compte tenu des opportunités d'apprendre et d'utiliser ces compétences. Les difficultés se traduisent par de la maladresse (p. ex. laisser échapper ou heurter des objets), ainsi que de la lenteur et de l'imprécision dans la réalisation de tâches motrices (p. ex. attraper un objet, utiliser des ciseaux ou des couverts, écrire à la main, faire du vélo ou participer à des sports).

32. « Les mouvements choréiformes sont constitués de petites secousses musculaires légères, soudaines et brèves. Ils sont irréguliers et arythmiques » (Corraze, 1981, p. 67).

33. Les syncinésies d'imitation sont des mouvements ou des ébauches de mouvement intéressant un ou plusieurs groupes musculaires alors qu'un mouvement actif ou réflexe a lieu dans une autre partie du corps.

- B. Les déficiences des compétences motrices du critère A interfèrent de façon significative et persistante avec les activités de la vie quotidienne correspondant à l'âge chronologique (p. ex. les soins et l'hygiène personnels) et ont un impact sur les performances universitaires/scolaires, ou les activités préprofessionnelles et professionnelles, les loisirs et les jeux.
- C. Le début des symptômes date de la période développementale précoce.
- D. Les déficiences des compétences motrices ne sont pas mieux expliquées par un handicap intellectuel (un trouble du développement intellectuel) ou une déficience visuelle et ne sont pas imputables à une affection neurologique motrice (p. ex. une infirmité motrice cérébrale, une dystrophie musculaire, une maladie dégénérative).

Précisons qu'une déficience est définie comme un « problème dans la fonction organique où la structure anatomique tel qu'un écart ou une perte importante » (Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé de l'OMS, 2001). Une compétence correspond quant à elle à une capacité potentielle qui s'actualise, se concrétise (ou non) sous la forme de performance(s). La performance est donc le résultat de la mise en œuvre d'une compétence et peut être observée et mesurée. Une compétence dans un domaine donné peut se manifester sous forme de différentes performances, dans différents contextes.

Entre 2004 et 2006, quatre réunions de deux jours se sont tenues à Leeds. Les participants ont reconduit les conclusions du précédent consensus assorties de recommandations pour l'évaluation et le traitement, et insisté sur l'importance des comorbidités (Sugden, 2007). Plus récemment l'European Academy for Childhood Disability s'est réunie en 2010 à deux reprises afin de proposer, pour l'Allemagne et la Suisse, un ensemble de recommandations validées par un groupe d'experts internationaux. Les termes retenus sont ceux de la CIM-10 (« trouble spécifique du développement moteur » ou *Specific developmental disorder of motor function*), ou celui de *Developmental Coordination Disorder* dans les pays où le DSM-IV-TR a une base légale (Blank et coll., 2012). Les recommandations du dernier congrès international sur le TDC (DCD12, <http://www.dcd12.com.au>) confortent l'idée d'inclure systématiquement le terme de DCD (TDC en français) dans le titre ou les mots-clés des articles scientifiques et d'utiliser les critères du DSM-5 afin de faciliter la communication entre l'ensemble des acteurs (chercheurs et praticiens) (Smits-Engelsmann et coll., 2017). Une telle proposition n'est pas fondée sur des preuves scientifiques, mais correspond à une volonté d'harmoniser les définitions et les critères diagnostiques, les pratiques et les écrits relatifs à ce sujet (Henderson et Geuze, 2015 ; Smits-Engelsman et coll., 2015). Il n'est donc pas surprenant qu'après 1995 le pourcentage de

publications utilisant le terme *DCD* ait significativement augmenté au détriment d'autres termes (Magalhães et coll., 2006).

On notera, de plus, que la CIM-11 (ICD-11, 2018) propose des critères similaires sous l'appellation « trouble développemental de la coordination motrice » (*Developmental Motor Coordination Disorder*).

L'utilisation du terme *DCD* en anglais, ou *TDC* en français, masque cependant la grande diversité de populations regroupées sous ce vocable avec une absence d'harmonisation au niveau sémiologique qui peut entraîner un biais dans l'analyse de la littérature internationale. Le recours à des sous-types, comme cela existe par exemple pour le trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H), pourrait constituer une alternative et une avancée mais, comme nous le verrons plus loin, les travaux sont là encore disparates et ne peuvent en l'état être retenus.

Liens entre trouble développemental de la coordination et dyspraxie de développement

Selon les auteurs, plusieurs cas de figure se présentent (figure 1.2). Il est encore difficile de dire si ces différentes propositions constituent une évolution sur le plan historique ou dénotent des points de vue théoriques différents. Il semblerait toutefois que se dessine progressivement un cadre général appelé *TDC* au sein duquel pourraient être distingués plusieurs sous-types dont les caractéristiques et les intitulés restent à déterminer.

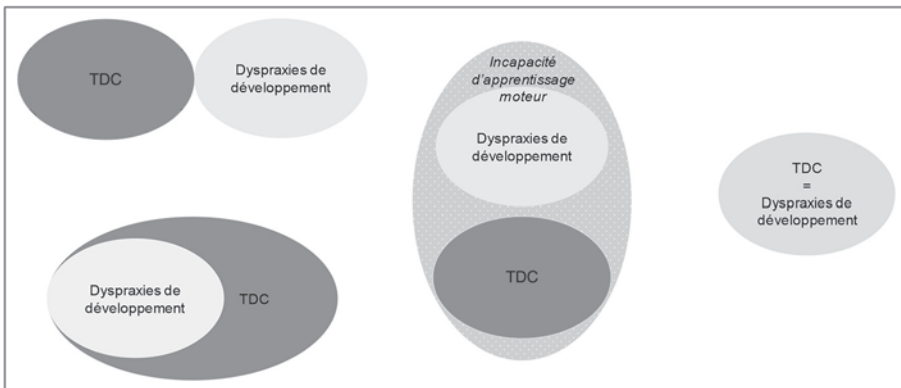


Figure 1.2 : Trouble développemental de la coordination et dyspraxies de développement : des points de vue contrastés

Deux entités distinctes

Pour certains, les deux troubles sont des entités distinctes ne renvoyant pas aux mêmes tableaux cliniques (Miyahara et Möbs, 1995 ; Mazeau, 2006 ; Costini et coll., 2014). Les tenants de cette approche considèrent que les deux termes désignent des perturbations survenant dans des actions motrices dont la nature même diffère. L'argument principal réside dans la distinction entre les « gestes universels, propres à l'espèce et qui sont des aptitudes sensori-motrices sélectionnés par l'évolution », et des « gestes facultatifs mais spécifiques d'un environnement éducatif et culturel donné, que nous appellerons "gestes culturels" et qui, eux, n'avaient pas été prévus par l'évolution » (Mazeau, 2006, p. 142). Une anomalie dans les premiers renverrait au TDC, alors que les dyspraxies concerneraient les seconds. Avec un point de vue complémentaire, Costini et coll. (2014) distinguent trois niveaux de motricité. Le premier niveau renvoie à « la motricité phylogénétique [...] et correspond à la mise en œuvre d'aptitudes motrices innées, antigravitaires [...] dont] la perturbation caractérise les troubles moteurs observés chez les enfants avec infirmité motrice cérébrale et justifie l'exclusion de TAC ou de dyspraxie ». Le second concerne « la motricité ontogénétique [...] et] les compétences motrices émergeant de l'interaction entre le patrimoine génétique de l'individu et les stimulations offertes par l'environnement ». Ces compétences « constitueraient la "coordination motrice" [...] et] une altération de cette coordination motrice dans un contexte neurodéveloppemental correspondrait au TAC ». Les auteurs intègrent le tableau de dyspraxie mixte de Vaivre-Douret et coll. (2011a, 2011b) dans ce deuxième niveau. Le troisième niveau « engage l'élaboration d'actes moteurs complexes, intentionnels, organisés et finalisés : les praxies [...] qui] résulteraient d'un apprentissage (explicite ou implicite) » et dont la désorganisation correspondrait aux dyspraxies de développement.

Les dyspraxies comme sous-groupes des TDC

Cette position est défendue par exemple par Albaret (2007), Chu (2006), Sinani et coll. (2011) ou encore Vaivre-Douret (2014). Le TDC est alors envisagé comme une catégorie globale au sein de laquelle différents sous-groupes peuvent être identifiés, dont le ou les tableaux de dyspraxies de développement. Un des arguments est que la notion de coordination est suffisamment vaste pour être appliquée à l'ensemble de la motricité intentionnelle, sans qu'il soit nécessaire de distinguer des gestes avec ou sans utilisation d'outils ou de tenir compte des particularités culturelles. Kugler et Turvey (1987) définissent la coordination comme « un processus qui

contraint les variables potentiellement libres d'un système en une unité comportementale (ou structure de coordination) ». Ainsi, prendre un objet ou manipuler un outil nécessiteront une « coordination » à différents niveaux : musculaire par le jeu de la coordination agonistes/antagonistes, articulaire pour la gestion des degrés de liberté des organes effecteurs, entre les membres lors d'activités bimanuelles, entre l'œil et la main dans l'écriture ou encore dans l'organisation des séquences d'une action complexe.

L'incapacité d'apprentissage moteur

Ahonen et coll. (2004) proposent de regrouper dyspraxie et TDC sous l'appellation d'incapacité d'apprentissage moteur tout en les différenciant partiellement. Il s'appuie sur le modèle COBALT (*control-based learning theory*) qui repose sur trois principes. Le principe de séparabilité neurale postule que les différentes composantes du contrôle moteur, associées à des parties anatomiquement distinctes du cerveau, interviennent en parallèle lors de la réalisation d'une action motrice. La dyspraxie pourrait affecter les processus stratégiques concernant le but de l'activité motrice (cortex frontal dorsolatéral) et ceux de séquençage (aire motrice supplémentaire et ganglions de la base), alors que le TDC interférerait avec les processus d'intégration perceptivomotrice impliqués dans la sélection et la représentation du but du mouvement (cortex pariétal postérieur) et un processus dynamique responsable de l'innervation des muscles (moelle épinière) auxquels sont associés le contrôle postural et le *timing* pris en charge par le cervelet. Le deuxième principe de représentation différenciée postule que les différentes composantes cognitives utilisent différentes formes de représentation lors de la planification des mouvements, notamment au niveau spatial avec la distinction entre informations allocentriques et égocentriques. Le troisième principe correspond à l'exécution des actes moteurs qui peut se faire de manière plus ou moins consciente en fonction du niveau de familiarité de la tâche (apprentissage implicite ou explicite). Les atteintes dans les différents processus et leurs répercussions d'un principe à l'autre rendraient compte de la diversité des tableaux cliniques.

Deux termes équivalents

Les différentes conférences de consensus estiment que la multiplicité des termes nuit à la reconnaissance de ces troubles et qu'une harmonisation est nécessaire, le choix s'est porté sur l'utilisation du terme anglais DCD, traduit en français comme trouble développemental de la coordination (TDC),

terme qui s'est progressivement imposé dans la littérature. Les deux termes, TDC et dyspraxie, sont considérés comme équivalents dans la CIM-10 ou encore dans le rapport publié par le ministère de la Santé (Cecchi Tenerini, 2010) où la « nature des déficiences » des « troubles spécifiques du développement du geste et/ou des fonctions visuo-spatiales » est définie comme suit : « Ces troubles portent sur le développement moteur : apprentissage de gestes et/ou acquisition de coordinations sensori-motrices et/ou des fonctions visuo-spatiales. Ils sont présents dès les premiers stades du développement et se manifestent par des retards psychomoteurs prononcés, une maladresse importante et/ou une dysgraphie. Ils sont communément appelés dyspraxies ou troubles de l'acquisition des coordinations. » Plusieurs auteurs écrivant sur la dyspraxie de développement se servent d'ailleurs de références qui utilisent le terme de TDC, contribuant au flou qui entoure la terminologie de ces tableaux. Ce faisant, ils abondent dans le sens d'une équivalence entre ces deux termes.

Comme indiqué en introduction, cette option sera retenue dans le présent document puisqu'il n'a pas été possible de différencier rigoureusement les deux termes dans les publications et que cette différenciation n'est pas apparue comme étant indispensable pour analyser la littérature sur le sujet. Il convient néanmoins d'être prudent quant à l'utilisation et l'interprétation de ces termes génériques puisqu'ils recouvrent une grande hétérogénéité. Par ailleurs, il convient de garder en tête que l'usage quasiment systématique du terme TDC dans ce document renvoie à un usage scientifique alors que celui de dyspraxie renvoie à un usage majoritairement dans le champ social (clinique, professionnel de santé, associations de familles, etc.). De ce point de vue, ils ne se recouvrent pas.

Sous-types du TDC

Différentes études ont été conduites afin d'identifier des sous-types au sein de la population des sujets avec TDC (tableau 1.I pour une vue d'ensemble) (Visser, 2003 et 2005 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b). Les premières études (Stambak et coll., 1964 ; Gubbay et coll., 1965 ; Gérard et Dugas, 1991) ont établi des distinctions de façon empirique. Par la suite, le regroupement a été fait par analyse en cluster ou analyse factorielle. La mise en évidence de sous-types n'est pas toujours évidente comme le montre l'étude de Ayres et coll. (1987) qui ne parvient pas à déterminer, dans un groupe de 182 sujets avec dyspraxie de développement âgés de 4 ans à 9 ans 11 mois, l'existence de plusieurs types à l'aide des *Sensory Integration and Praxis Tests* (SIPT).

L'utilisation de modèles théoriques différents concernant les facteurs de causalité, ainsi que de méthodologies et outils variés, rend difficile toute comparaison. Ainsi Gérard et Dugas (1991) s'appuient sur un modèle piagétien du développement, Dewey et Kaplan (1994) sur le modèle des apraxies de Roy (1978) distinguant défaut de planification de l'action et déficits dans l'exécution, Hoare (1994) sur une analyse de littérature (rôles de la kinesthésie et vision ; différentes dimensions de la motricité : visuo-motrice, dextérité manuelle et motricité globale).

La conclusion provisoire actuelle est qu'il n'existe aucun consensus sur une typologie du TDC (Jeevanantham et Bartlett, 2016), hormis sur le fait que, dans la plupart des études, un groupe peut être isolé, celui qui rassemble les enfants qui cumulent l'ensemble des difficultés motrices et sont généralement les plus gravement atteints. Un autre sous-type avec trouble de l'équilibre, isolé ou associé éventuellement à d'autres troubles, est également rapporté dans différentes études (Dewey et Kaplan, 1994 ; Hoare, 1994 ; Miyahara, 1994 ; Albaret, 1995 ; Wright et Sugden, 1996 ; Macnab et coll., 2001 ; Green et coll., 2008 ; Asonitou et Koutsouki, 2016). De façon surprenante, seules deux études ont mis en évidence un sous-type porteur d'un déficit de la coordination globale (équilibre statique et dynamique) (Miyahara, 1994 ; Green et coll., 2008). Enfin, certaines études rapportent un sous-type idéomoteur où les praxies fines et séquentielles sont essentiellement déficitaires (Dewey et Kaplan, 1994 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012³⁴), et un sous-type avec déficit des praxies constructives visuo-spatiales et dysgraphie (Gérard et Dugas, 1991 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b). Mais ces résultats n'ont pour l'instant pas été confirmés par d'autres études ou par des réplifications.

De façon générale, les critères d'inclusion des populations étudiées sont souvent vagues, de nombreux auteurs se contentant de signaler qu'ils ont suivi les critères de la version du DSM en vigueur sans plus de précisions sur les outils ou les moyens utilisés ou se fondant sur des notes-seuils variables pour l'inclusion. De plus, d'un auteur à l'autre les outils d'évaluation utilisés sont très hétérogènes, certains se contentant d'un test de coordination, comme le BOTMP (*Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency*) ou la MABC (*Movement Assessment Battery for Children*) (respectivement Miyahara, 1994 ; Wright et Sugden, 1996), d'autres y associant des évaluations comme celles des praxies, ou/et de la perception visuelle, ou/et de la kinesthésie, etc. Enfin, les comorbidités sont rarement prises en compte. Une seule étude (Hoare,

34. Pour plus de détail sur les résultats de ces études et les marqueurs spécifiques identifiés (Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012), voir chapitre « L'évaluation des déficiences au regard de la clinique ».

1994) a fait l'objet de deux répliques avec des résultats proches, mais également des différences (Macnab et coll., 2001 ; Green et coll., 2008). Il résulte de toutes ces études que la méthodologie concernant les critères d'inclusion ou d'exclusion, et les évaluations standardisées utilisées ne sont pas comparables d'une étude à l'autre (tableau 1.I) rendant complexe la visibilité de sous-types du TDC (Vaivre-Douret, 2011a et b).

À l'heure actuelle, en l'absence de consensus, il reste difficile de caractériser l'hétérogénéité du TDC à l'aide des sous-types.

Tableau 1.1 : Études sur les sous-types au sein du trouble développemental de la coordination

Référence	Population étudiée	Critères	Évaluation	Analyse	Sous-types
Stambak et coll., 1964	Dyspraxie N = 28 (3 F)	Discordance QIV > QJP de 20 pts ; dyspraxie constructive : test de Bender-Santucci	Figuratif : Bender-Santucci et test des bâtonnets ; Opératif : conservations, épreuves spatiales (rotation de 3 perles fixes), épreuves logico-mathématiques (classifications, sériation) ; Structures rythmiques (Stambak) ; Lecture, orthographe, calcul ; Examen sensoriel ; Tonus fond et action ; Niveau moteur (Stambak) ; Dessin du bonhomme ; Différenciation DG ; Test d'imitation de gestes	-	T1 (n = 9) : dyspraxies avec troubles moteurs prévalents avec déficit figuratif et légères séquelles d'atteinte neurologique T2 (n = 7) : dyspraxies avec troubles graves de la personnalité (« prépsychotiques ») avec déficit figuratif visuel et du schéma corporel 12 enfants ne rentrent dans aucun des groupes
Gubbay et coll., 1965	Enfants maladroits N = 21 (8 F) 9 ans 5 mois à 17 ans 4 mois	QIV > 80 Maladresse	Orientation DG, gnoses digitales, extinction, localisation tactile, dessin de l'horloge et de cartes, test agnosie visuelle objets, simultagnosie, agnosie des couleurs ; praxies gestuelles, linguo-faciales, constructives, habillage	-	T1 (n = 14) : apraxies et agnosies T2 (n = 7) : apraxies et agnosies, signes neurologiques pyramidaux, cérébelleux ou passé de souffrances cérébrales
Dare et Gordon, 1970	Enfants maladroits N = 35	Plainte des parents ; observation clinique	Évaluation de l'intelligence Gölnitz-Oseretsky Test (TOMI), test de Frostig, test d'imitation de gestes, échelle de Griffiths EEG	-	G1 (n = 19) : trouble développemental spécifique G2 (n = 12) : retard de développement général G3 (n = 4) : paralysie cérébrale <i>a minima</i>
Gérard et Dugas, 1991	TDC N = 51 (5 F) 3 ans 10 mois à 15 ans	Critères DSM-III-R	Examen neuromoteur : capacités orofaciales ; coordinations fines (R-NESS) ; imitation de gestes ; graphisme ; oculomotricité WISC-R Examen langage : Chevrié-Muller ; <i>Token Test</i> ; NSST Examen capacités cognitives : CPT ; VMI ; figure de Rey ; gnoses figuratives ; discrimination fond-forme SCST ; test de repérage topologique et directionnel	-	T1 (n = 18) : troubles praxiques et difficultés d'expression verbale ; difficulté d'installation des coordinations internes au stade sensori-moteur T2 (n = 18) : marche et acquisitions posturales intactes ; difficultés dans les actes de la vie quotidienne ou activités sportives ; praxies constructives perturbées ; dysgraphie ; problème passage référentiel égocentrique au référentiel allocentrique T3 (n = 12) : trouble de l'attention et impulsivité, déficit des gnoses figuratives, altérations oculomotricité ; défaut d'organisation de l'espace extra-corporel ; problème transition stade sensori-moteur et représentation symbolique

Tableau 1.1 (suite) : Études sur les sous-types au sein du trouble développemental de la coordination

Référence	Population étudiée	Critères	Évaluation	Analyse	Sous-types
Dewey et Kaplan, 1994	TDC N = 51 (7 F) 6-10 ans DT N = 51 (27 F)	Repérage enseignant - 1 ET à l'un des 5 sous-tests du SCSIT	Gestes transitifs sur commande et imitation (TTGT) Séquence motrice sur commande et imitation (MST) Items de coordination motrice et d'équilibre du BOTMP Mouvements répétitifs et alternés (RAMT) Sous-test des cubes (WISC-R)	Clusters	T1 : déficit sévère dans tous les domaines T2 : déficit équilibre, coordination, gestes transitifs ; pas de déficit séquence T3 : déficit séquence motrice ; pas de déficit gestes transitifs T4 (n = 61 ; 12 TDC) : enfants TD et déficit léger
Hoare, 1994	TDC N = 80 (17 F) 6-9 ans	MAND > - 2 ET et < - 0,67 (N = 51) ; > - 3 ET et < - 2 (N = 25) ; < 3 ET (N = 4)	<i>Kinaesthetic Sensitivity Test</i> Perception visuelle : MFVPT VMI (copie figures) Dextérité manuelle : <i>Purdue Pegboard</i> Équilibre statique Équilibre dynamique : Course	Clusters	T1 (n = 22) : déficit kinesthésie et équilibre dynamique ; pas de déficit équilibre statique T2 (n = 20) : léger déficit équilibre statique T3 (n = 15) : déficit dans tous les domaines sauf course T4 (n = 14) : déficit perception visuelle T5 (n = 8) : déficit course, équilibre et VMI 1 enfant « outlier »
Miyahara, 1994	Troubles des apprentissages N = 55 (12 F) 8-14 ans	< - 1,5 ET sur 1 des 3 tests lecture, vocabulaire, mathématiques	Sous-tests motricité globale BOTMP : course, équilibre, coordination bilatérale, force, coordination membres supérieurs ; Questionnaire enseignant	Clusters	T1 (n = 24) : pas de déficit T2 (n = 14) : déficit dans tous les sous-tests BOTMP T3 (n = 13) : déficit course, force, coordination membres supérieurs T4 (n = 4) : déficit équilibre
Albarret et coll., 1995	TDC N = 66 (17 F) 6-20 ans	DSM-IV et CIM10 LOMDS	Facteurs LOMDS Praxies constructives : figure de Rey, cubes WISC (< - 1 ET) Praxies idéomotrices : test d'imitation de gestes Praxies de l'habillage Tonus de fond et d'action Écriture : échelle D	AFCM	T1 (n = 21) : retard psychomoteur léger (LOMDS), déficits coordinations manuelles fines, trouble écriture et praxies visuo-constructives T2 (n = 11) : retard psychomoteur léger, déficit coordinations manuelles, troubles des praxies idéomotrices, visuo-constructives et du tonus, lenteur T3 (n = 17) : retard psychomoteur majeur, troubles des praxies idéomotrices, visuo-constructives, habillage, du tonus et de l'écriture, lenteur T4 (n = 17) : retard psychomoteur moyen, troubles de l'équilibre, du tonus
Wright et Sugden, 1996	TDC N = 69 (30 F) 6-9 ans	MABC test et questionnaire > 5 ^e percentile et < 15 ^e : à risque de TDC (n = 43) ; TDC (n = 26)	Items MABC : dextérité manuelle, maîtrise de balle, équilibre ; Parties questionnaire MABC : enfant immobile et environnement stable (IS), enfant en mouvement et environnement stable (MS), enfant immobile et environnement changeant (IC), enfant en mouvement et environnement changeant (MC)	Clusters	T1 (n = 42) : difficultés IS et MS T2 (n = 10) : déficit maîtrise de balle T3 (n = 12) : difficultés 4 parties questionnaire, déficit dans tous les domaines excepté équilibre dynamique T4 (n = 5) : déficit dextérité manuelle et équilibre dynamique

Tableau 1.1 (suite) : Études sur les sous-types au sein du trouble développemental de la coordination

Référence	Population étudiée	Critères	Évaluation	Analyse	Sous-types
Macnab et coll., 2001 Réplication Hoare, 1994	TDC N = 62 (18 F) 7-12 ans	Repérage enseignant ; - 1 ET à l'une des notes du BOTMP	Kinaesthetic Sensitivity Test ; Perception visuelle : MFVPT ; VMI (copie de figures) ; Dextérité manuelle : BOTMP ; Équilibre statique : TOMI ; Équilibre dynamique : BOTMP	Clusters	T1 (n = 8) : léger déficit kinesthésie ; pas de déficit équilibre statique T2 (n = 10) : déficit kinesthésie et équilibre statique T3 (n = 14) : déficit dans tous les domaines T4 (n = 19) : déficit perception visuelle, VMI, dextérité manuelle T5 (n = 9) : déficit course
Green et coll., 2008 Réplication Hoare, 1994	TDC N = 57 (11 F) TDC + N = 33 (8 F) 6 ans 2 mois à 13 ans 9 mois	MABC > 6 ^e percentile et < 15 ^e : TDC limite (n = 22/6) ; > 2 ^e et < 5 ^e : TDC (n = 11/11) ; < 2 ^e : TDC sévère (n = 24/16)	VMI (copie de figures, appariement de figures) COMPS : épreuve doigt-nez (kinesthésie) Dextérité manuelle MABC Équilibre statique MABC Équilibre dynamique MABC	Clusters	Groupe TDC T1 : déficit kinesthésie T2 : léger déficit équilibre statique T3 : déficit équilibre statique et dynamique T4 : déficit kinesthésie et VMI (copie et appariement) T5 : déficit dans tous les domaines
Vivère-Douret et coll., 2011a et b	TDC N = 43 (8 F) 5-15 ans	Critères DSM-IV-TR Note seuil < - 1 ET ou < 20° ou 30° percentile Critères d'exclusion selon DSM : TDA/H, Trouble du langage oral et écrit, Psychopathologie. Exclusion : Trouble neurologique avéré et sensoriel, Médication ou rééducation, Prématurité < 37 semaines.	NP-MOT WISC WISC-III et WPPSI-R Performances scolaires, écriture et mathématiques Développement moteur (normes DF-MOT) et activités ludiques (constructions Lego sur modèle, puzzles) NP-MOT Tests visuo-constructifs (cubes de Kohs) et visuo-spatial (figure de Rey), intégration visuo-motrice (VMI) Attention visuo-spatiale (test des cloches (Odéys), planification (labyrinthes de Porteus, tour de Londres), échelle d'écriture d'Auriaguerra, perception visuelle (lignes entremêlées, fruits entremêlés et silhouettes d'animaux de Rey, test de Frostig), tests de langage et mnésiques (Odéys et N-EEL), examen ophtalmologique et neurovisuel (PEV, ERG, EOM), et orthoptique IRM anatomique	Clusters	T1 (n = 5) : dyspraxie idéomotrice avec déficit des praxies digitales, lenteur praxique, grosopraxies, grossesses digitales, coordination dynamique (postural), écriture T2 (n = 17) : dyspraxie visuo-spatiale et visuo-constructive avec difficultés utilisation Legos sur modèles et puzzles, VMI, figure de Rey (structuration visuospatiale), cubes de Kohs (habiletés visuo-constructives), trouble arithmétique (géométrie), dysgraphie, et trouble de l'habillage T3 (n = 21) : dyspraxie mixte (T1+T2) avec troubles neuromoteurs (synchronies, dysdiadochorésie), troubles de la coordination dynamique (entre membres supérieurs et inférieurs), dextérité manuelle, et coordination bimanuelle (NP-MOT), trouble arithmétique et de l'attention visuo-spatiale Anomalies hétérogènes à l'IRM, non spécifique du TDC

AFRCM : analyse factorielle des correspondances multiples ; BOTMP : *Brünniks-Oeretsky Test of Motor Proficiency* ; CAS : *Cognitive Assessment System* ; COMPS : *Clinical Observations of Motor and Postural Skills* ; CPT : *Continuous Performance Test* ; DF-MOT : échelle du développement fonctionnel moteur ; DT : développement typique ; EOM : mouvements oculo-moteurs ; ERG : électro-rétinogramme ; ET : écart-type ; LOMDS : échelle de développement psychomoteur de Lincoln-Oeretsky ; MAND : *McCarton Assessment of Neuromuscular Development* ; MFVPT : *Motor Free Visual Perception Test* ; MST : *Motor Sequencing Test* ; NP-MOT : batterie d'évaluations des fonctions neuro-psychomotrices ; NST : *Northwestern Syntax Screening Test* ; PEV : potentiels évoqués visuels ; QIV : quotient intellectuel verbal ; QIP : quotient intellectuel de performance ; RAMT : *Repetitive and Alternating Movements Test* ; R-NESS : *Revised Neurological Examination for Subtle Signs* ; SCSIT : *Southern California Sensory Integration Test* ; TDC : trouble développemental de la coordination ; TDC + : trouble développemental de la coordination + comorbidités ; TGT : *Transitive Gesture Test* ; TOMI : *Test of Motor Impairment* ; VMI : *Test of Visual-Motor Integration*.

RÉFÉRENCES

- Ahonen T, Kooistra L, Viholainen H, *et al.* Developmental motor learning disability: a neuropsychological approach. In : Dewey D, Tupper DE, eds. *Developmental motor disorders: a neuropsychological perspective*. New York : Guilford Press, 2004 : 265-90.
- Ajuriaguerra J de, Kluser JP, Velghe J, *et al.* Praxies idéatoires et permanence de l'objet. Quelques aspects de leur desintégration conjointe dans les syndromes démentiels du grand âge. *Psychiat Neurol* 1965 ; 150 : 306-19.
- Albaret JM. Évaluation psychomotrice des dyspraxies de développement. *Évol Psychomot* 1995 ; 7 : 3-13.
- Albaret JM. Trouble de l'acquisition de la coordination et dyspraxie de développement. Évolution des terminologies et de la démarche diagnostique. *Évol Psychomot* 2005 ; 17 : 193-200.
- Albaret JM. Clinique des troubles du mouvement intentionnels : de la débilité motrice au trouble de l'acquisition de la coordination (TAC). *Ther Psychomot (Recherches)* 2007 : (n° 150) : 86-100.
- Albaret JM, Carayre S, Soppelsa R, *et al.* Hétérogénéité des dyspraxies de développement : tentative de classification. *ANAE* 1995 ; 7 : 61-7.
- American Psychiatric Association (APA). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (5th ed.). Arlington, VA : American Psychiatric Publishing, 2013.
- Asonitou K, Koutsouki D. Cognitive process-based subtypes of developmental coordination disorder (DCD). *Hum Mov Sci* 2016 ; 47 : 121-34.
- Ayres, JA. *Sensory motor integration*. Los Angeles CA : Western Psychological Services, 1972.
- Ayres JA, Mailloux ZK, Wendler CLW. Developmental dyspraxia: it is a unitary function? *OTJR* 1987 ; 7 : 93-110.
- Barray V, Picard A, Camos V. Étude comparative de la dyspraxie : évaluation neuropsychologique d'enfants porteurs d'une dyspraxie développementale ou consécutive à la prématurité. *Ann Réadapt Méd Phys* 2008 ; 51 : 161-8.
- Baxter P. Developmental coordination disorder and motor dyspraxia. *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 3.
- Benson F, Geschwind N. Developmental Gerstmann syndrome. *Neurology* 1970 ; 20 : 293-8.
- Bernstein N. *The co-ordination and regulation of movements*. Oxford : Pergamon Press, 1967.
- Blank R, Smits-Engelsman B, Polatajko H, *et al.* European academy for childhood disability (EACD) : Recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 54-93.

Cecchi Tenerini R. *Projet d'écriture : définition, classification et description des handicaps cognitifs*. 2010. Consulté le 28 novembre 2018 sur la page <http://www.ffdys.com/wp-content/uploads/2012/09/Handicap-cognitif-version-2011-11.pdf>.

Celletti C, Mari G, Ghibellini G, Celli M, Castori M, Camerota F. Phenotypic variability in developmental coordination disorder: clustering of generalized joint hypermobility with attention deficit/hyperactivity disorder, atypical swallowing and narrative difficulties. *Am J Med Genet C Semin Med Genet* 2015 ; 169, 117-22.

Cermak, SA. Developmental dyspraxia. In : Roy E., ed. *Neuropsychological studies of apraxia and related disorders*. Amsterdam : North Holland, 1985 : 225-48.

Chu, S. Developmental dyspraxia. In : Stein SM, Chowdhury U, eds. *Disorganized children*. London : Jessica Kingsley Publishers. 2006.

Clements SD. *Minimal brain dysfunction in children*. Washington, DC : US Department of Health, Education and Welfare, 1966.

Corraze J. *Les troubles psychomoteurs de l'enfant*. Paris : Masson, 1981.

Costini O, Remigereau C, Le Gall D, et al. Fonctions exécutives et trouble développemental de la coordination : réflexion théorique et sémiologie clinique. *ANAE* 2017 ; 29 : 63-71.

Costini O, Remigereau C, Roy A, et al. Troubles visuo-spatiaux dans la dyspraxie : peut-on encore parler de dyspraxie ? *ANAE* 2014 ; 26 : 127-36.

Costini O, Roy A, Faure S, et al. La dyspraxie développementale : actualités et enjeux. *Rev Neuropsychol* 2013 ; 5 : 200-12.

Cratty BJ. *Remedial motor activity for children*. Philadelphia : PA : Lea and Febiger, 1975.

Denckla, MB. Developmental dyspraxia : the clumsy child. In : Levine MD, Satz P, eds. *Middle childhood: development and dysfunction*. Baltimore : University Park, 1984 : 245-60.

Dare MT, Gordon N. Clumsy children : a disorder of perception and motor organisation. *Dev Med Child Neurol* 1970 ; 12 : 178-85.

Dewey D. What is developmental dyspraxia. *Brain Cogn* 1995 ; 29 : 254-74.

Dewey D, Kaplan BJ. Subtyping of developmental motor deficits. *Dev Neuropsychol* 1994 ; 10 : 265-84.

Dupré E, Merklen P, eds. *La débilité motrice dans ses rapports avec la débilité mentale et l'insuffisance pyramidale physiologique du premier âge*. Congrès des médecins aliénistes et neurologistes de France et des pays de langue française : XIX^e session, tenue à Nantes du 2 au 7 août 1909. Nantes : Imprimerie Dugas et Cie, 1910.

Ford FR. *Diseases of the nervous system in infancy, childhood and adolescence*, 4^e ed. Springfield IL : Charles C. Thomas, 1960.

Garcia RB, Mamarella IC, Pancera A, Galera C, Cornoldi C. Deficits in visual short-term memory binding in children at risk of non-verbal learning disabilities. *Res Dev Disabil* 2015 ; 45-46 : 365-72.

- Gazzaniga MS, Bogen JE, Sperry RW. Dyspraxia following division of the cerebral commissures. *Arch Neurol* 1967 ; 16 : 606-12.
- Gérard C, Dugas M. Dyspraxie de développement : proposition de typologie. À propos de 51 cas. *Ann Réadapt Méd Phys* 1991 ; 34 : 325-32.
- Gibbs J, Appleton J, Appleton R. Dyspraxia or developmental coordination disorder? Unravelling the enigma. *Arch Dis Child* 2007 ; 92 : 534-9.
- Gillberg C. Deficits in attention, motor control, and perception : a brief review. *Arch Dis Child* 2003 ; 88 : 904-10.
- Gordon N, Mc Kinlay I. *Rééducation psychomotrice de l'enfant maladroit*. Paris : Masson, 1981.
- Green D, Chambers ME, Sugden DA. Does subtype of developmental coordination disorder count: is there a differential effect on outcome following intervention ? *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 363-82.
- Gubbay SS. The management of developmental apraxia. *Dev Med Child Neurol* 1978 ; 20 : 643-6.
- Gubbay SS, Ellis E, Walton JN, *et al.* Clumsy children: a study of apraxic and agnosic defects in 21 children. *Brain* 1965 ; 88 : 295-312.
- Harris JC. New classification for neurodevelopmental disorders in DSM-5. *Curr Opin Psychiatry* 2014 ; 27 : 95-7.
- Hécaen H, Angelergues R. *Pathologie du langage : l'aphasie*. Paris : Librairie Larousse, 1965.
- Henderson SE. The assessment of clumsy children: old and new approaches *J Child Psychol Psychiat* 1987 ; 28, 4 : 511-27.
- Henderson SE, Barnett AL. Developmental motor problems. In : Rispens J, Yperen TAV, Yule W, eds. *Perspectives on the classification of specific developmental disorders*. Dordrecht : Kluwer, 1998 : 209-30.
- Henderson SE, Geuze RH. Ten conferences on developmental coordination disorder (DCD): a brief commentary on 20 years of research. *Phys Occup Ther Pediatr* 2015 ; 35 : 97-102.
- Henderson SE, Henderson L. Toward an understanding of developmental coordination disorder: terminological and diagnostic issues. *Neural Plast* 2003 ; 10 : 1-13.
- Hermann K, Norrie E. Is congenital word-blindness a hereditary type of Gerstmann's syndrome? *Eur Neurol* 1958 ; 136 : 59-73.
- Hoare D. Subtypes of developmental coordination disorder. *APAQ* 1994 ; 11 : 158-69.
- Iloje SO. Developmental apraxia among Nigerian children in Enugu, Nigeria. *Dev Med Child Neurol* 1987 ; 29 : 502-7.
- Iloje SO. Trophic limb changes among children with developmental apraxia. *Dev Med Child Neurol* 1988 ; 30 : 791-6.

- Jeevanantham D, Bartlett D. Perspectives on classification of selected childhood neurodisabilities based on a review of literature. *Dev Neurorehabil* 2017 ; 20 : 194-206.
- Kinsbourne M, Warrington EK. The developmental Gerstmann syndrome. *Arch Neurol* 1963 ; 8 : 490-501.
- Kugler PN, Turvey MT. *Information, natural law, and the self-assembly of rhythmic movement*. Hillsdale, NJ : Erlbaum Associates, 1987.
- Lalanne C, Falissard B, Golse B, *et al.* Refining developmental coordination disorder subtyping with multivariate statistical methods. *BMC Med Res Methodol* 2012 ; 12 : 107.
- Langford WS. Developmental dyspraxia : abnormal clumsiness. *Bull Orton Soc* 1955 ; 5 : 3-7.
- Leroy-Malherbe V. La dyspraxie de l'enfant : hypothèses neurocognitives et diagnostic. *Motricité cérébrale Réadaptation, Neurologie du Développement* 2006 ; 27 (3) : 98-115.
- Lesný I.A. Developmental dyspraxia-dysgnosia as a cause of congenital children's clumsiness. *Brain Dev* 1980 ; 2 : 69-71.
- Lord, R, Hulme C. Perceptual judgements of normal and clumsy children. *Dev Med Child Neurol* 1987 ; 29 : 250-7.
- Macnab JJ, Miller LT, Polatajko HJ. The search for subtypes of DCD: is cluster analysis the answer? *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 49-72.
- Magalhães LC, Missiuna C, Wong S. Terminology used in research reports of developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2006 ; 48 : 937-41.
- Mazeau M. *Déficits visuospatiaux et dyspraxies de l'enfant. Du trouble à la rééducation*. Paris : Masson, 1995.
- Mazeau M. La place des dyspraxies dans les différents troubles du geste. *Évol Psychomot* 2006 ; 18 : 141-8.
- Mazeau M. Les dyspraxies : points de repères. *Arch Pédiatr* 2010 ; 17 : 314-8.
- Missiuna C, Polatajko H. Developmental dyspraxia by any other name: are they all just clumsy children. *AJOT* 1995 ; 49 : 619-27.
- Miyahara M. Subtypes of students with learning disabilities based upon gross motor functions. *APAQ* 1994 ; 11 : 368-82.
- Miyahara M, Möbs I. Developmental dyspraxia and developmental coordination disorder. *Neuropsychol Rev* 1995 ; 5 : 245-68.
- Miyahara M, Register C. Perceptions of three terms to describe physical awkwardness in children. *Res Dev Disabil* 2000 ; 21 : 367-76.
- Morris, MK. Developmental dyspraxia. In : Rothi LJG, Heilman KM, eds. *Apraxia: the neuropsychology of action*. Hove : Psychology Press, 1997 : 245-68.
- Njiokiktjien C. Developmental dyspraxias : assessment and differential diagnosis. In : Riva D, Njiokiktjien C, eds. *Brain lesion localization and developmental functions*. Montrouge : John Libbey Eurotext, 2010 : 157-84.

Organisation mondiale de la santé (OMS). *Classification internationale des troubles mentaux et des troubles du comportement* (10^e rév.). Paris : Masson, 1993.

Organisation mondiale de la santé (OMS). *Classification internationale des maladies – CIM-11*. 2018. Consulté le 20 novembre 2018 sur la page : <https://icd.who.int/browse11/l-m/en>

Orton ST. *Reading, writing and speech problems in children*. New York : W.W. Norton, 1937.

Peters JM, Barnett AL, Henderson SE. Clumsiness, dyspraxia and developmental coordination disorder: how do health and educational professionals in the UK define the terms? *Child Care Health Dev* 2001 ; 27 : 399-412.

Piaget J. Les praxies chez l'enfant. *Rev Neurol* 1960 ; 102 : 551-65.

Polatajko HJ, Fox AM, Missiuna C. An international consensus on children with developmental coordination disorder. *CJOT* 1995 ; 62 : 3-6.

Prechtl HF, Stemmer J. The choreiform syndrome in children. *Dev Med Child Neurol* 1962 ; 4 : 119-27.

Rourke BP. *Nonverbal learning disabilities: the syndrome and the model*. New York : Guilford Press, 1989.

Roy EA. Apraxia: a new look at an old syndrome. *J Hum Mov Stud* 1978 ; 4 : 191-210.

Signoret JL, North P. *Les apraxies gestuelles (apraxie idéatoire, apraxie idéomotrice, apraxie motrice)*. Paris : Masson, 1979.

Sinani C, Sugden DA, Hill EL. Gesture production in school vs. clinical samples of children with developmental coordination disorder (DCD) and typically developing children. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1270-82.

Smits-Engelsman B, Barnett AL, Wilson P, et al., eds. *DCD – International clinical practice recommendations*. Fremantle, WA, DCD12 – 12th Developmental Coordination Disorder Conference, 2017.

Smits-Engelsman B, Schoemaker M, Delabastita T, et al. Diagnostic criteria for DCD: past and future. *Hum Mov Sci* 2015 ; 42 (suppl C) : 293-306.

Stambak M, L'Hériveau D, Auzias M, et al. Les dyspraxies chez l'enfant. *Psychiatrie de l'Enfant* 1964 ; 7 : 381-496.

Steinman KJ, Mostofsky SH, Denckla MB. Toward a narrower, more pragmatic view of developmental dyspraxia. *J Child Neurol* 2010 ; 25 : 71-81.

Sugden D. Current approaches to intervention in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2007 ; 49 : 467-71.

Turvey MT, Shaw RE, Mace W. Issues in the theory of action : degrees of freedom, coordinative structures and coalitions. In : Requin J, ed. *Attention and performance VIII*. Hillsdale, NJ : Erlbaum, 1978 : 557-95.

Vaivre-Douret L. Developmental coordination disorders: state of art. *Neurophysiol Clin* 2014 ; 44 : 13-23.

Vaivre-Douret L, Lalanne C, Golse B. Developmental coordination disorder, an umbrella term for motor impairments in children : nature and co-morbid disorders. *Front Psychol* 2016 ; 7 : 502.

Vaivre-Douret L, Lalanne C, Cabrol D, *et al.* Identification de critères diagnostiques des sous-types de troubles de l'acquisition de la coordination (TAC) ou dyspraxie développementale. *Neuropsychiatr Enfance Adolesc* 2011a ; 59 : 443-53.

Vaivre-Douret L, Lalanne C, Ingster-Moati I, *et al.* Subtypes of developmental coordination disorder: research on their nature and etiology. *Dev Neuropsychol* 2011b ; 36 : 614-43.

Van Dellen T, Geuze RH. Motor response processing in clumsy children, *J Child Psychol Psychiatr* 1988 ; 29 : 480-500.

Van Der Meulen, JHP, Denier Van Der Gon, JJ, Gielen, CCAM, Gooskens, RHJM, Willemse J. Visuomotor performance of normal and clumsy children. II. Arm-tracking with and without visual feedback. *Dev Med Child Neurol* 1991 ; 33 : 118-29.

Visser J. Developmental coordination disorder : a review of research on subtypes and comorbidities. *Hum Mov Sci* 2003 ; 22 : 479-93.

Visser J. Sous-types et comorbidités du trouble de l'acquisition de la coordination (TAC). In : Geuze RH, ed. *Le trouble de l'acquisition de la coordination : évaluation et rééducation de la maladresse chez l'enfant*. Marseille : Solal, 2005 : 87-116.

Wallon H. La maladresse. *J Psychol Norm Pathol* 1928 ; 25 : 61-78.

Walton JN, Ellis E, Court SDM. Clumsy children : a study of developmental apraxia and agnosia, *Brain* 1962 ; 85 : 603-13.

Wigglesworth R. The importance of recognising minimal cerebral dysfunction in paediatric practice. In : Bax M, Mac Keith R, eds. *Minimal cerebral dysfunction. Little club clinics in developmental medicine n°10*. London : Heinemann Medical, 1963 : 34-8.

Wright HC, Sugden DA. The nature of developmental coordination disorder: Inter- and intragroup differences. *APAQ* 1996 ; 13 : 357-71.

2

Épidémiologie : prévalence et facteurs de risque

Les estimations de prévalence du trouble développemental de la coordination (TDC) retrouvées dans la littérature la plus récente s'appuient sur une définition du trouble telle que développée dans le *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, dans sa 4^e ou 5^e version (DSM-IV ou DSM-5). Néanmoins, dans des enquêtes en population générale, le retentissement du trouble sur les activités de la vie quotidienne et l'impact sur les performances académiques (critère B du DSM) constituent des éléments de la définition peu standardisés. De même, le diagnostic différentiel, partie intégrante de la démarche diagnostique (critère C), est rarement pris en compte de façon optimale dans les enquêtes épidémiologiques. Dans ce chapitre, nous proposons une lecture des taux de prévalence retrouvés dans les différentes études au regard de la prise en compte ou non de l'ensemble des éléments de définition. Au-delà de la définition, les enjeux méthodologiques pour l'estimation de prévalence en population générale sont classiques mais néanmoins déterminants : modalités d'échantillonnage et représentativité des échantillons, caractéristiques des groupes soumis à des tests standardisés, propriétés métriques des tests utilisés, etc. Ils seront présentés en amont. Dans une perspective populationnelle, la question de la prévalence se pose également dans des populations à risque. Un large corpus de données permet d'appréhender de manière cohérente la fréquence du TDC dans la population des enfants nés prématurément ou avec un faible poids de naissance, et le risque supplémentaire de développer ces troubles comparativement à la population générale. Les sur-risques potentiels de TDC liés à d'autres expositions, notamment prénatales, sont ponctuellement rapportés dans la littérature. Nous en proposons une synthèse.

Prévalence en population générale

Opérationnalisation de la définition pour estimer la prévalence en population générale

Le premier critère de définition du DSM-5 repose sur la mesure de la performance motrice qui, pour les enfants présentant un TDC, est « significativement inférieure à la normale compte tenu de l'âge chronologique » (APA, 2015 pour la traduction française). Dans l'objectif d'estimer une prévalence, il importe de disposer d'outils formalisés, capables de distinguer le développement atypique du développement typique, et d'interpréter les performances en prenant en compte la variabilité dans la population. La question de la mesure est donc centrale et doit être basée sur un test standardisé, dont les propriétés métriques (validité discriminante, fiabilité inter-juges) sont bonnes et les modalités de passation adaptées à une étude en population générale. L'approche proposée dans la littérature consiste donc à définir le groupe des enfants présentant un TDC comme étant ceux dont les performances à un test de coordination motrice (résumées dans un score global) sont les plus basses. Il s'agit d'une définition purement statistique, dont le choix *a priori* du seuil (15^e ou 5^e percentile) va permettre d'appréhender une certaine forme de sévérité du trouble (interprétation du « significativement inférieur à la norme »). Il est évident que la qualité de construction des normes et la nature des échantillons de normalisation pour chaque âge sont des éléments centraux dans cette réflexion, conduisant certains auteurs à adapter les normes à leur population spécifique (Lingam et coll., 2009).

Le deuxième critère de la définition identifie l'impact des troubles sur les activités de la vie quotidienne et les performances académiques. En l'absence d'outils de référence pour mesurer ces notions, il existe une très grande variabilité dans les études. De plus l'interprétation des retentissements, notamment vis-à-vis du système scolaire, dépend fortement des contextes et des cultures. Enfin, les répercussions sur la vie quotidienne sont potentiellement modulées par l'efficacité des prises en charge mises en place, ce qui peut se refléter dans la prévalence des formes les plus sévères ou expliquer pour partie des évolutions de prévalence en fonction de l'âge. Cet ensemble d'éléments explique que l'évaluation d'un éventuel TDC soit réalisée avec prudence avant l'âge de 4-5 ans (Blank et coll., 2013).

L'énoncé du troisième critère (le trouble ne peut pas être expliqué dans sa totalité par un retard mental, par un trouble neurologique congénital ou acquis, ou par un problème psychologique sévère) va permettre de définir la population sur laquelle l'estimation de la prévalence est la plus pertinente.

Les exclusions de certains sujets de la population d'étude sont considérées et rapportées de manière diverse dans la littérature. Les diagnostics sont basés sur l'expertise clinique des professionnels voire sur des tests normalisés, notamment pour l'estimation du niveau de déficience intellectuelle, les critères de non inclusion portant généralement sur les enfants avec un quotient intellectuel (QI) inférieur à 70. Dans de rares cas, ce sont les parents ou les enseignants qui rapportent ces critères d'exclusion dans les réponses qu'ils fournissent aux questionnaires de dépistage (Cardoso et coll., 2014).

Les étapes du repérage des enfants présentant un TDC en population générale

Dans la littérature, une première étape de la démarche diagnostique consiste à réaliser un repérage basé sur un questionnaire parental, ou plus rarement un questionnaire aux enseignants. Le questionnaire le plus souvent utilisé est le DCDQ'07 ou DCD-Q (*Developmental Coordination Disorder Questionnaire – Revised version*) dont les scores permettent de différencier les enfants suspects de TDC de ceux probablement sans TDC (Wilson et coll., 2009). Un test spécifique pour les enfants de moins de 6 ans (*Little DCDQ*) a été développé en raison des faibles performances du DCD'07 chez les plus jeunes (Parmar et coll., 2014). D'autres auteurs ont proposé des approches complémentaires avec soit l'utilisation de questionnaires validés d'évaluation globale du développement psychomoteur tels que l'ASQ (*Ages and Stages Questionnaires*, Squires et Bricker, 2009) y compris avant 4 ans, soit une exploration des retards d'acquisition motrice en posant des questions simples aux parents pour identifier les difficultés qui les préoccupent (Rosenbaum et coll., 2009). La deuxième étape correspond à la passation formelle de tests par des professionnels formés. L'outil le plus utilisé et actuellement recommandé bien que parfois questionné sur le plan clinique est la *Movement Assessment Battery for Children* (MABC) destinée aux enfants de 3 à 17 ans dans sa version révisée (MABC-2). D'autres tests ont été utilisés dans les enquêtes de prévalence en population générale, comme par exemple le *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency* (BOTMP).

La démarche diagnostique se décline de manière variée dans les études : i/ passation d'un questionnaire parental et, pour les enfants repérés comme suspects de TDC, passation formelle de tests (Girish et coll., 2016) ; ii/ prise en compte conjointe des résultats au questionnaire parental et à la MABC-2 (Cardoso et coll., 2014) ; iii/ passation d'un test d'évaluation de la performance motrice uniquement (Tsiotra et coll., 2006 ; Lingam et coll., 2009 ; Nikolić et Ilić-Stošović, 2009 ; Giagozoglou et coll., 2011 ; Hua et coll., 2014).

Prévalence en population générale

Le tableau 2.1 présente les estimations de prévalence de TDC publiées après 2000 en précisant la stratégie d'échantillonnage, la population cible, les modalités de diagnostic et les outils utilisés. Sont exclues ici deux études transversales répétées (Boyle et coll., 2011 ; Seelaender et coll., 2013) portant sur de très larges périodes d'observation dans le but de documenter des évolutions, qui seront présentées plus loin.

Ces études ne rapportent pas toutes avec précision la stratégie d'échantillonnage et il est souvent difficile de juger de la représentativité de l'échantillon vis-à-vis de la population cible. Le plus souvent, et de manière évidente étant donné que l'âge à l'évaluation était centré sur l'âge scolaire (6-11 ans), le recrutement des enfants était réalisé dans les écoles, avec des stratégies d'échantillonnage en clusters à plusieurs niveaux, tirage au sort des écoles, éventuellement des classes et des élèves. À notre connaissance, une seule étude a testé les enfants avant l'âge de 6 ans (Giagazoglou et coll., 2011).

La MABC était le test utilisé dans l'ensemble des études retenues, à l'exception de celles de Tsiotra et coll. (2006), qui a préféré la forme courte du BOTMP (BOTMP-SF, pour *short form*), de Nikolić et Ilić-Stošović (2009), où le *Ozeretski Motoric Test* a été proposé aux enfants, et de Girish et coll. (2016), qui ont utilisé un test d'évaluation de la performance motrice développé en Inde.

Quel que soit le test utilisé, pour les études ayant considéré une valeur seuil au 15^e percentile, les estimations de prévalence variaient de 6,7 % (Lingam et coll., 2009) à 27,7 % (Nikolić et Ilić-Stošović, 2009). Ces deux chiffres extrêmes méritent discussion. La prévalence rapportée par Lingam et coll. (2009) était particulièrement basse. Il est à noter qu'il s'agit de la seule cohorte de naissance dans notre corpus, avec une population se présentant aux examens de santé sélectionnée au cours du temps, l'attrition conduisant à sous-représenter des populations à risque comme les enfants issus de milieux socio-économiques défavorisés. De plus, seuls trois sous-tests de la MABC étaient proposés aux enfants pour l'évaluation de la performance motrice. À l'opposé, l'absence de prise en compte du retentissement sur la vie quotidienne ainsi que d'exclusion de troubles neurologiques autres (démarche de diagnostic différentiel) pourraient en partie expliquer la prévalence particulièrement élevée (27,7 %) relevée par Nikolić et Ilić-Stošović (2009). Dans les études où la valeur seuil considérée était le 5^e percentile, les prévalences variaient de 1,8 % (Lingam et coll., 2009) à 5,4 % (Giagazoglou et coll., 2011). Les données sont dans certains cas à interpréter avec prudence : échantillon de taille limitée (Cardoso et coll., 2014), recrutement basé sur

le volontariat (Tsiotra et coll., 2006). Nous n'avons pas retrouvé de données pour la population française.

Le TDC est constamment retrouvé avec une fréquence plus élevée chez les garçons (sex-ratio d'environ 1,8), à l'exception d'une étude en population générale qui rapporte une prévalence un peu plus élevée chez les filles mais non significativement différente de la prévalence observée chez les garçons (1,1 % ; IC 95 % [0,5-1,7] et 0,5 % ; IC 95 % [0,1-0,9] respectivement ; Girish et coll., 2016).

Évolution de la prévalence du TDC au cours du temps

Deux études considéraient des périodes suffisamment longues pour étudier l'évolution des prévalences dans le temps (tableau 2.II). Dans l'étude conduite aux États-Unis par Boyle et coll. (2011) sur un large échantillon (n = 119 367) représentatif de jeunes âgés de 3 à 17 ans sur la période 1997-2008, c'était l'ensemble des troubles neuro-développementaux qui était exploré (trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité – TDA/H, autisme, déficiences sensorielles sévères, paralysie cérébrale, troubles des apprentissages, déficience intellectuelle, épilepsie, bégaiement, retard de développement) à partir de questions posées aux parents. La prévalence globale de ces déficiences sur l'ensemble de la période était de 13,9 % avec une augmentation significative de 17 % sur l'ensemble des 12 années, liée à l'augmentation majeure de la prévalence de l'autisme et dans une moindre mesure de celle du TDA/H. Une période plus étendue (1990-2007) était considérée dans l'étude de Seelaender et coll. (2013) en Allemagne (Rhénanie-du-Nord-Westphalie). Les résultats du bilan scolaire systématique à l'âge de 6 ans étaient utilisés pour estimer la prévalence des troubles de la coordination motrice, définis par un échec aux épreuves de coordination motrice proposées (5 tests avant 2003, un seul test ensuite) et la nécessité d'une prise en charge. Les échantillons annuels comprenaient autour de 100 000 enfants (de 76 859 enfants en 2002 à 127 804 en 1993). Les auteurs ont rapporté une augmentation très significative de la prévalence du TDC de 1,6 % en 1990 à 6,0 % en 2007, avec un effet plus prononcé entre 1995 et 2000 et chez les filles.

Tableau 2.1 : Prévalence du trouble de la coordination motrice (TDC) en population générale

Référence	Période Pays (région)	Design Effectif	Échantillonnage	Âge à la passation	Condition étudiée Tests utilisés (cut-off, critères diagnostiques) Critères d'exclusion	Prévalence	Sex-ratio
Cardoso et coll., 2014	ND Brésil (Belo Horizonte)	Étude transversale n = 181	Échantillonnage en cluster (écoles) Questionnaire DCD-Q : enfants avec TDC probable et témoins avec développement typique appariés sur âge et sexe	7-8 ans	TDC (critères DSM-IV) Combinaison des résultats DCD-Q (TDC probable) et MABC-2 (< 5 ^e perc.) Exclusion des enfants : i/ nés prématurés (AG ≤ 36 SA ou PN < 2 500 g), ii/ pris en charge pour un problème moteur, iii/ en échec scolaire	4,3 %	ND
Giagazoglou et coll., 2011	NP Grèce (nord-est)	Étude transversale n = 402	Échantillon d'écoles maternelles	4-6 ans	TDC MABC (< 5 ^e perc. et 5-15 ^e perc.) Exclusion : QI anormal, pathologie physique ou neurologique évidente, population à risque (prématurité, maladie neurologique, épilepsie)	< 5 ^e perc. : 5,4 % 5-15 ^e perc. : 12,7 %	ND
Grish et coll., 2016	2013-2015 Inde (sud)	Étude transversale n = 2 282	Échantillonnage stratifié (localisation) en cluster (écoles publiques) Tous les élèves dans les écoles sélectionnées étaient inclus <i>Screening DCSQ '07-K</i> , <i>Kannada version</i> : sélection des 18,4 % avec TDC probable pour passation des tests (coordination motrice et autres)	6-15 ans	TDC (critères DSM-5) ABCD-SV (Assessment <i>Battery for Children with Developmental Coordination Disorder</i>) outil développé en Inde (< 20 ^e perc.) Activités vie quotidienne WeeFIM Performance académique CCE Exclusion sur <i>Raven's Progressive Matrices</i> , dossiers médicaux scolaires, examen clinique	0,8 %	0,4

Tableau 2.1 (suite) : Prévalence du trouble de la coordination motrice (TDC) en population générale

Référence	Période Pays (région)	Design Effectif	Échantillonnage	Âge à la passation	Condition étudiée Tests utilisés (cut-off, critères diagnostiques) Critères d'exclusion	Prévalence	Sex-ratio
Hua et coll., 2014	2010 Chine (Suzhou City)	Étude transversale n = 4 001	Échantillonnage stratifié en cluster (école)	4-5 ans	TDC (critères DSM-IV) MABC-2 (< 15 ^e perc.) Exclusion : maladies neurologiques, QI < 70, paralysies cérébrales, hémiplégie, dystrophie musculaire, autisme	8,2 %	ND
Lingam et coll., 2009	1998-1999 UK (Avon, sud-ouest de l'Angleterre)	Cohorte de naissance (ALSPAC) Bilan à 7-8 ans : n = 7 256		7-8 ans	TDC (critères DSM-IV) 3 sous-tests dérivés de la MABC (< 5 ^e perc. et 5-15 ^e perc.) Activités vie quotidienne (< 10 ^e perc. questionnaire parents) Performances académiques (ne satisfait pas aux standards nationaux d'écriture) Exclusion des enfants : i/ avec QI < 70, ii/ avec diagnostic confirmé de troubles neurologiques ou développementaux, de déficiences visuelles	< 5 ^e perc. : 1,8 % 5-15 ^e perc. : 4,9 %	< 5 ^e perc. 1,9 5-15 ^e perc : 1,7

Tableau 2.1 (suite) : Prévalence du trouble de la coordination motrice (TDC) en population générale

Référence	Période Pays (région)	Design Effectif	Échantillonnage	Âge à la passation	Condition étudiée Tests utilisés (cut-off, critères diagnostiques) Critères d'exclusion	Prévalence	Sex-ratio
Nikolić et Ilić-Stošović, 2009	ND Serbie (Belgrade)	Étude transversale n = 1 165	Échantillonnage en cluster (écoles) Tous les élèves de l'âge cible dans les écoles sélectionnées étaient testés	7,5-11 ans	Troubles de la coordination motrice <i>Ozereiski motoric test</i> Pas de critères d'exclusion rapportés	coordination inappropriée : 7,7 % coordination avec erreur : 27,7 %	ND
Tsiotra et coll., 2006	ND Canada Grèce	Étude transversale Échantillon de convenance Canada, n = 591 Grèce, n = 329	5 écoles élémentaires de 2 provinces dans chaque échantillon d'écoles, participation volontaire, pas d'autres renseignements	10-13 ans	TDC <i>BOTMP Short Form</i> (≤ 12 ^e perc.) Pas de critères d'exclusion rapportés	8 % (Canada) 19 % (Grèce)	ND

AG : âge gestationnel ; BOTMP-SF : Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency ; DCD-Q : Developmental Coordination Disorder Questionnaire – Revised version ; DSM : Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders ; MABC : Movement Assessment Battery for Children ; NP : non précisé ; NS : non significatif ; perc. : percentile ; PN : poids de naissance ; QI : quotient intellectuel.

Tableau 2.II : Prévalence du trouble de la coordination motrice en population générale : évolution dans le temps

Référence	Période	Population (pays, taille échantillon, âge test)	Condition Modalités d'évaluation	Prévalence sur la période	Augmentation annuelle moyenne
Boyle et coll., 2011	1997-2008	États-Unis n = 119 367 3-17 ans	Toute déficience neuro-développementale Questionnaire aux parents (NHIS Child)	12,8 % (1997-1999) à 15,0 % (2006-2008)	+ 1,4 %
Seelaender et coll., 2013	1990-2007	Allemagne, Rhénanie-du-Nord-Westphalie n = 1 776 874 6 ans	Trouble de la coordination motrice Examen systématique à l'entrée à l'école	% (1990) - % (2007) Total : 1,6 %-6 % Garçons : 2,5 %-8,5 % Filles : 0,8 %-3,6 % Sex-ratio : 3,1-2,4	Total : + 16 % Garçons : + 14 % Filles : + 21 %

Les enfants nés prématurés ou avec un faible poids de naissance : des populations à risque

Les retards ou anomalies du développement moteur sont une conséquence bien documentée de la prématurité, la paralysie cérébrale constituant un tableau clinique classique parfois sévère. Chez les enfants ne présentant pas de paralysie cérébrale, des difficultés motrices dans la coordination, l'équilibre, le contrôle moteur, ou l'intégration visuo-motrice peuvent néanmoins être observées, et leur occurrence à l'âge scolaire est élevée (Ferrari et coll., 2012 ; Spittle et Orton, 2014).

L'occurrence du TDC à l'âge scolaire est significativement augmentée comparativement à la population générale

La littérature scientifique est riche d'un large corpus d'études qui permettent de préciser le niveau de risque supplémentaire que présentent les enfants nés prématurés ou avec un faible poids de naissance de développer un TDC comparativement à une population née à terme (suivis de cohortes de naissance) ou à développement typique (témoins recrutés à l'âge de l'évaluation des anomalies). Dans les deux schémas d'étude, il existe un certain degré d'appariement entre les populations comparées, sur le lieu de naissance dans le premier cas, sur le lieu de la scolarisation dans le deuxième.

Le tableau 2.III présente une synthèse des résultats. Ont été retenues ici les études qui explicitement excluent des analyses les enfants avec paralysie cérébrale, déficience intellectuelle ou sensorielle sévère comme recommandé dans le DSM-5. Les résultats sont dans certains cas rapportés selon la sévérité du trouble : score < 15^e percentile (1 écart-type [ET] sous la moyenne) pour les atteintes légères, score < 5^e percentile (-2 ET) pour les atteintes de sévérité modérée.

Toutes les études rapportaient des prévalences de TDC significativement augmentées dans le groupe des pré-termes ou des petits poids de naissance comparativement au groupe des enfants nés à terme ou de poids normal à la naissance. À l'âge scolaire (5-9 ans pour la majorité des études), les prévalences variaient de 14,8 % (Davis et coll., 2007) à 47,0 % (De Kievet et coll., 2013), et de 9,5 % (Davis et coll., 2007) à 30,7 % (Foulder-Hugues et Cooke, 2003), considérant respectivement un seuil à la MABC < 15^e ou < 5^e percentile. La méta-analyse de Williams et coll. (2010) rapportait des estimations de fréquences globales³⁵ de 40,5 % (IC 95 % [32,1 %-48,9 %]) et de 19,0 % (IC 95 % [14,2 %-23,8 %]) respectivement pour atteintes légères (< 15^e percentile ou -1 ET) et modérées (< 5^e percentile ou -2 ET) en élargissant à des études plus anciennes, des tranches d'âges plus étendues lors de l'évaluation (jusqu'à 16 ans) et différents outils d'évaluation de la performance motrice.

De manière générale, l'occurrence du TDC à l'âge scolaire était 3 à 8 fois plus fréquente chez les enfants prématurés ou avec faible poids de naissance que chez les enfants nés à terme ou de poids normal à la naissance (tableau 2.III), le risque de TDC augmentant avec la diminution de l'âge gestationnel à la naissance (Wocadlo et Rieger, 2008 ; Zhu et coll., 2012 ; Faebo Larsen et coll., 2013). Une étude (Holsti et coll., 2002) rapportait un *odds ratio*³⁶ (OR) très élevé (OR = 17,5 ; IC 95 %³⁷ [2,2-138,3]) à interpréter avec prudence : enfants nés dans les années 1980, effectif réduit du groupe de comparaison (n = 18). Enfin, deux études ont rapporté des associations entre petit poids à la naissance et fréquence de TDC (défini par un score < 5^e percentile à la MABC) à l'adolescence. Ainsi, dans une étude cas-témoin portant sur 109 adolescents de 11-13 ans (54 avec un poids de naissance inférieur à 1 000 g et 55 nés à terme), Burns et coll. (2009) retrouvaient une association significative avec un OR à 9,3 (IC 95 % [3,9-22,3]). Pour leur part, Evensen

35. Moyennes pondérées des prévalences rapportées dans chaque étude considérée.

36. L'*odds ratio* (ou rapport des cotes) est le rapport de l'*odds* (la cote) de l'événement dans le groupe considéré (ici enfants nés prématurés ou avec faible poids de naissance) divisé par l'*odds* de l'événement dans le groupe contrôle (ici enfants nés à terme, ou de poids de naissance normal). L'*odds* est le rapport du nombre d'enfants avec TDC divisé par le nombre d'enfants ne présentant pas de TDC. Par exemple, un *odds* de 4 correspond au rapport 4/1 et signifie que pour 4 patients présentant l'événement, 1 ne le présente pas.

37. IC : intervalle de confiance

et coll. (2004) ont évalué, à l'âge de 14 ans, 50 jeunes avec un poids de naissance $\leq 1\,500$ g et 82 nés à terme avec un poids de naissance normal, et rapporté un OR légèrement plus bas (OR = 6,2 ; IC 95 % [1,5-26,8]). Ce niveau de risque est confirmé par la méta-analyse d'Edwards et coll. publiée en 2011. Ces auteurs ont rassemblé les résultats de 7 études comparant un groupe d'enfants nés prématurés (< 28 , < 29 ou < 32 SA³⁸) ou avec un petit poids à la naissance ($< 1\,000$, $1\,200$ ou $1\,500$ g selon les études) et étudiant la prévalence du TDC sur la base d'un score à la MABC $< 5^{\text{e}}$ percentile. La taille de l'effet rapportée était la suivante : OR = 6,3 ; IC 95 % [4,4-9,1].

Ces résultats étaient retrouvés de manière concordante dans les études transversales en population générale qui ont interrogé les parents sur les antécédents périnataux et qui retrouvaient l'association avec la prématurité. Ainsi, au Danemark, les enfants nés avant 32 SA présentaient un risque très augmenté de présenter un TDC à l'âge de 7 ans comparativement à des enfants nés à terme (OR = 4,8 ; IC 95 % [2,6-8,8]) (Zhu et coll., 2012 ; Faabo Larsen et coll., 2013³⁹). Un même niveau de risque était rapporté par Hua et coll. (2014) dans un échantillon de prématurés de moindre sévérité (≤ 37 SA) : OR = 5,2 ; IC 95 % [3,4-7,9]. En revanche, aucune association n'était retrouvée avec le petit poids de naissance ($\leq 2\,500$ g) dans cette étude.

On notera que chez les prématurés, ce sont les troubles de l'équilibre qui semblaient les plus touchés (Arnaud et coll., 2007 ; Zwicker et coll., 2013).

Facteurs prédictifs de TDC chez les prématurés

Chez les enfants nés prématurément, les études explorant la relation entre TDC et facteurs de risque périnatal ont montré que le sexe masculin (Davis et coll. 2007 ; Faabo Larsen et coll., 2013 ; Zwicker et coll., 2013 ; Spittle et coll., 2014), le retard de croissance intra-utérin (Tanis et coll., 2012 ; Zhu et coll., 2012 ; Bos et coll., 2013 ; Faabo Larsen et coll. 2013), l'exposition aux corticoïdes postnataux (Dewey et coll., 2011 ; Hitzert et coll., 2012 ; Zwicker et coll., 2013), et la dysplasie broncho-pulmonaire (Majnemer et coll., 2000 ; Dewey et coll., 2011) étaient des facteurs de risque indépendants du TDC. De manière attendue, des retards d'acquisition motrice (station assise ou marche non acquises respectivement à 9 mois et 16 mois) (Zhu et coll., 2012) ou l'existence de troubles moteurs précoces à 2-3 ans (Hemgren et Persson, 2009 ; Faabo Larsen et coll., 2013) ont été décrits comme des prédicteurs puissants du TDC à l'âge scolaire.

38. SA : semaines d'aménorrhée

39. Données issues d'une même étude

Tableau 2.III : Enfants nés prématurés ou avec petit poids de naissance : prévalence des troubles de la coordination motrice et augmentation du risque comparativement à la population générale

Référence : auteur, année Pays (région) Design	Population à risque		Prévalence	Population témoin
	Population : Définition Génération Effectif Recrutement	Condition étudiée Tests utilisés (<i>cut-off</i>), critères diagnostiques Critères d'exclusion Âge à l'évaluation		Définition Effectif Recrutement Quantification du risque : Prévalence <i>Odds ratio</i> [IC 95 %]
Amaud et coll., 2007 France (9 régions) Longitudinal prospectif	< 33 SA Nés en 1997 n = 1 662 Cohorte de naissance	Dysfonctions neuromotrices mineures (MND) Touwen, <i>Short Form</i> (MND1 légère, MND2 modérée) Exclusion : paralysie cérébrale, QI < 50, déficience sensorielle sévère 5 ans	41,4 % (MND1) 3 % (MND2)	Nés à terme n = 287 Recrutés à la naissance (cohorte) Prévalence : 22 % (MND1) 0,7 % (MND2)
Burns et coll., 2009 Australie (Brisbane) Cas-témoins	< 1 000 g Nés en 1992-1994 n = 54	TDC MABC (< 5° perc.) Exclusion : déficience motrice (GMFCS>1) 11-13 ans	72,2 %	Nés à terme n = 55 Recrutés à l'école, appariés sur âge et si possible école Prévalence : 21,8 % OR : 9,3 [3,9-22,3]*
Davis et coll., 2007 Australie (État de Victoria) Longitudinal prospectif	< 28 SA ou < 1 000 g Nés en 1991-1992 n = 210 Cohorte de naissance	TDC MABC (< 5° perc., < 15° perc.) Exclusion : paralysie cérébrale et QI ≤ -2DS 8 ans	14,8 % (< 15° perc.) 9,5 % (< 5° perc.)	Nés à terme ou PN ≥ 2 500 g n = 202 Cohorte de naissance Prévalence : 4 % (< 15° perc.) 2 % (< 5° perc.)
De Kievet et coll., 2013 Pays-Bas (Amsterdam) Cas-témoins Étude de cohorte cas-témoins appariés	AG moyen 29,2 SA Nés en 2001-2003 n = 58 Cohorte de naissance	TDC MABC (< 15° perc.) Exclusion : déficience motrice, visuelle, auditive 7,5 ans	47 %	Nés à terme (> 37 SA) sans complications périnatales, scolarisés en école ordinaire sans difficulté repérée n = 64 Recrutés à l'école, appariés sur âge et école Prévalence : 16 % OR : 4,7 [2,01-10,99]

Tableau 2.III (suite) : Enfants nés prématurés ou avec petit poids de naissance : prévalence des troubles de la coordination motrice et augmentation du risque comparativement à la population générale

Référence : auteur, année Pays (région) Design	Population à risque		Population témoin	
	Population : Définition Génération Effectif Recrutement	Condition étudiée Tests utilisés (<i>cut-off</i>), critères diagnostiques Critères d'exclusion Âge à l'évaluation	Prévalence	Définition Effectif Recrutement Quantification du risque : Prévalence <i>Odds ratio</i> [IC 95 %]
Evensen et coll., 2004 Norvège (région de Trondheim) Longitudinal prospectif	≤ 1 500 g Nés en 1986-1988 n = 50 Cohorte de naissance	TDC MABC (< 5 ^e perc.) Exclusion : paralysie cérébrale, QI < -2DS (en comparaison au groupe témoin) 14 ans	26 %	Nés à terme avec un PN > 10 ^e perc. n = 82 Prévalence : 3,6 % OR : 6,2 [1,5-26,8]
Foulder-Hughes et Cooke, 2003 UK (district de Liverpool) Étude de cohorte cas-témoins appariés	< 32 SA Nés en 1991-1992 n = 280 Cohorte de naissance	TDC MABC (< 5 ^e perc.) Exclusion : scolarisation en école spécialisée 7,5 ans	30,7 %	Nés à terme n = 210 Recrutés à l'école, appariés sur âge et sexe Prévalence : 6,7 %
Goyen et Lui, 2009 Australie (Melbourne) Étude de cohorte cas-témoins appariés	< 29 SA ou < 1 000 g Nés en 1992-1995 n = 50 Cohorte de naissance	TDC MABC (< 15 ^e perc.) Exclusion : QI ≤ 85 et déficience neurosensorielle (visuelle/auditive) 8 ans	42 %	Nés à terme, PN normal n = 50 Recrutés à l'école, appariés sur âge, sexe et classe Prévalence : 8 % OR : 8,3 [2,6-26,7]
Holsti et coll., 2002 Canada Longitudinal prospectif	≤ 800 g Nés en 1982-1987 n = 73 Cohorte de naissance	TDC (DSM-IV) BOTMP (< 1 SD) Exclusion : paralysie cérébrale, QI < 85, déficiences sensorielles 9 ans	51 %	Nés à terme n = 18 Recrutés à 3 ans puis suivis (cohorte), appariés sur la classe sociale Prévalence : 5 % OR : 17,5 [2,2-138,3]

Tableau 2.III (suite) : Enfants nés prématurés ou avec petit poids de naissance : prévalence des troubles de la coordination motrice et augmentation du risque comparativement à la population générale

Référence : auteur, année Pays (région) Design	Population à risque		Population témoin	
	Population : Définition Génération Effectif Recrutement	Condition étudiée Tests utilisés (<i>cut-off</i>), critères diagnostiques Critères d'exclusion Âge à l'évaluation	Prévalence	Définition Effectif Recrutement Quantification du risque : Prévalence <i>Odds ratio</i> [IC 95 %]
Roberts et coll., 2011 Australie (Victoria) Longitudinal prospectif	< 28 SA ou < 1 000 g Nés en 1997 n=201 Cohorte de naissance	TDC (DSM-IV-TR) MABC (< 5 ^e perc.) Exclusion : paralysie cérébrale et retard mental 8 ans	16 %	Nés à terme (> 36 SA) ou PN ≥ 2 500 g n = 154 Cohorte de naissance Prévalence : 5 % OR : 3,5 [1,5-8,1]
Van Hus et coll., 2014 Pays-Bas Étude de cohorte cas-témoins appariés	< 30 SA ou < 1 000 g Nés en 2002-2007 n = 81 Cohorte de naissance	TDC MABC-2 (≤ 15 ^e perc.) Exclusion : syndrome génétique, passation d'un test du QI impossible en raison d'un déficit 5 ans	32 %	Nés à terme (> 37 SA) ou PN > 2 500 g n = 84 Recrutés à l'école (appariés aux cas sur école/réseau social), sans prise en charge pour troubles du comportement ou des apprentissages Prévalence : 11 %

BOTMP : Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency ; IC : intervalle de confiance ; MABC : Movement Assessment Battery for Children ; MND : Minor Neurological Dysfunction ; NP : non précisé ; OR : *odds ratio* ; perc. : percentile ; PN : poids de naissance ; QI : quotient intellectuel ; SA : semaines d'aménorrhée.

* OR recalculé.

Les autres situations à risque

De manière concordante, plusieurs études ont rapporté des scores à la MABC significativement plus bas dans des populations défavorisées comparative-ment à ceux obtenus chez des enfants vivant dans des milieux socialement plus favorisés (de Barros et coll. 2003 ; McPhillips et Jordan-Black, 2007 ; Valentini et coll., 2015). Les études sont toutefois peu nombreuses, et la mesure de la défavorisation diverse, incitant à rester prudents sur la généralisation de ces résultats.

L'impact d'une exposition prénatale à l'alcool sur la performance motrice a été rapporté dans la littérature avec des résultats variés. La méta-analyse de Lucas et coll. (2014) rapporte un risque augmenté de déficits de la fonction motrice globale avec des troubles plus fréquents de l'équilibre et de la coordination en cas d'exposition à un syndrome d'alcoolisme fœtal (OR = 2,9 ; IC 95 % [2,1-4,0]). Il n'a pas été trouvé d'effet d'une consommation légère à modérée d'alcool pendant la grossesse (Bay et coll., 2012) ou de mode de consommation excessif de boissons alcoolisées sur une courte période de temps, ou *binge drinking* (Kesmodel et coll., 2013) sur le développement moteur.

Concernant l'exposition au tabac pendant la grossesse, les études sont rares. Cependant, il ne semble pas exister d'association avec des difficultés motrices précoces, avant l'âge scolaire. La motricité fine pourrait être altérée en cas d'exposition prénatale au tabac chez les enfants plus grands : Christensen et coll. (2016) ont rapporté des scores significativement plus bas au DCD-Q et un *odds ratio* d'être classé avec difficulté motrice significativement augmenté chez des enfants de 8-9 ans exposés au tabac pendant la grossesse comparative-ment aux enfants non exposés.

L'impact d'autres expositions prénatales (organochlorés, hydrocarbures perfluorés) sur le développement moteur, et les troubles de la coordination n'a pas été retrouvé (Fei et Olsen, 2011 ; Høyer et coll., 2015).

Au total, peu d'études abordent ces aspects et les résultats présentés demandent à être confirmés par d'autres travaux.

RÉFÉRENCES

- Arnaud C, Daubisse-Marliac L, White-Koning M, *et al.* Prevalence and associated factors of minor neuromotor dysfunctions at age 5 years in prematurely born children: the EPIPAGE Study. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2007 ; 161 : 1053-61.
- Bay B, Støvring H, Wimberley T, *et al.* Low to moderate alcohol intake during pregnancy and risk of psychomotor deficits. *Alcohol Clin Exp Res* 2012 ; 36 : 807-14.
- Bos AF, Van Braekel KN, Hitzert MM, *et al.* Development of fine motor skills in preterm infants. *Dev Med Child Neurol* 2013 ; 55 (suppl 4) : 1-4.
- Boyle CA, Boulet S, Schieve LA, *et al.* Trends in the prevalence of developmental disabilities in US children, 1997-2008. *Pediatrics* 2011 ; 127 : 1034-42.
- Burns YR, Danks M, O'callaghan MJ, *et al.* Motor coordination difficulties and physical fitness of extremely-low-birthweight children. *Dev Med Child Neurol* 2009 ; 51 : 136-42.
- Cardoso AA, Magalhães LC, Rezende MB. Motor skills in Brazilian children with developmental coordination disorder versus children with motor typical development. *Occup Ther Int* 2014 ; 21 : 176-85.
- Christensen LH, Høyer BB, Pedersen HS, *et al.* Prenatal smoking exposure, measured as maternal serum cotinine, and children's motor developmental milestones and motor function: a follow-up study. *Neurotoxicology* 2016 ; 53 : 236-45.
- Davis NM, Ford GW, Anderson PJ, *et al.* Developmental coordination disorder at 8 years of age in a regional cohort of extremely-low-birthweight or very preterm infants. *Dev Med Child Neurol* 2007 ; 49 : 325-30.
- De Barros KM, Fragoso AG, Oliveira AL de, *et al.* Do environmental influences alter motor abilities acquisition? A comparison among children from day-care centers and private schools. *Arq Neuropsiquiatr* 2003 ; 61 : 170-5.
- De Kieviet JF, Stoof CJ, Geldof CJ, *et al.* The crucial role of the predictability of motor response in visuomotor deficits in very preterm children at school age. *Dev Med Child Neurol* 2013 ; 55 : 624-30.
- Dewey D, Creighton DE, Heath JA, *et al.* Assessment of developmental coordination disorder in children born with extremely low birth weights. *Dev Neuropsychol* 2011 ; 36 : 42-56.
- Edwards J, Berube M, Erlandson K, *et al.* Developmental coordination disorder in school-aged children born very preterm and/or at very low birth weight: a systematic review. *J Dev Behav Pediatr* 2011 ; 32 : 678-86.
- Evensen KA, Vik T, Helbostad J, *et al.* Motor skills in adolescents with low birth weight. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2004 ; 89 : F451-5.
- Faebø Larsen R, Hvas Mortensen L, Martinussen T, *et al.* Determinants of developmental coordination disorder in 7-year-old children : a study of children in the Danish national birth cohort. *Dev Med Child Neurol* 2013 ; 55 : 1016-22.
- Fei C, Olsen J. Prenatal exposure to perfluorinated chemicals and behavioral or coordination problems at age 7 years. *Environ Health Perspect* 2011 ; 119 : 573-8.

Ferrari F, Gallo C, Pugliese M, *et al.* Preterm birth and developmental problems in the preschool age. Part I: minor motor problems. *J Matern Fetal Neonatal Med* 2012 ; 25 : 2154-9.

Fliers E, Rommelse N, Vermeulen SH, *et al.* Motor coordination problems in children and adolescents with ADHD rated by parents and teachers : effects of age and gender. *J Neural Transm (Vienna)* 2008 ; 115 : 211-20.

Foulder-Hughes LA, Cooke RW. Motor, cognitive, and behavioural disorders in children born very preterm. *Dev Med Child Neurol* 2003 ; 45 : 97-103.

Giagazoglou P, Kabitsis N, Kokaridas D, *et al.* The movement assessment battery in Greek preschoolers : the impact of age, gender, birth order, and physical activity on motor outcome. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2577-82.

Girish S, Raja K, Kamath A. Prevalence of developmental coordination disorder among mainstream school children in India. *J Pediatr Rehabil Med* 2016 ; 9 : 107-16.

Goyen TA, Lui K. Developmental coordination disorder in « apparently normal » schoolchildren born extremely preterm. *Arch Dis Child* 2009 ; 94 : 298-302.

Goyen TA, Lui K, Hummel J. Sensorimotor skills associated with motor dysfunction in children born extremely preterm. *Early Hum Dev* 2011 ; 87 : 489-93.

Greene MM, Patra K, Nelson MN, *et al.* Evaluating preterm infants with the Bayley-III: patterns and correlates of development. *Res Dev Disabil* 2012 ; 33 : 1948-56.

Hardy LL, Reinten-Reynolds T, Espinel P, *et al.* Prevalence and correlates of low fundamental movement skill competency in children. *Pediatrics* 2012 ; 130 : e390-8.

Hendrix CG, Prins MR, Dekkers H. Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children: a systematic review. *Obes Rev* 2014 ; 15 : 408-23.

Hemgren E, Persson K. Deficits in motor co-ordination and attention at 3 years of age predict motor deviations in 6.5-year-old children who needed neonatal intensive care. *Child Care Health Dev* 2009 ; 35 : 120-9.

Hitzert MM, Benders MJ, Roescher AM, *et al.* Hydrocortisone vs. dexamethasone treatment for bronchopulmonary dysplasia and their effects on general movements in preterm infants. *Pediatr Res* 2012 ; 71 : 100-6.

Holsti L, Grunau RV, Whitfield MF. Developmental coordination disorder in extremely low birth weight children at 9 years. *J Dev Behav Pediatr* 2002 ; 23 : 9-15.

Høyer BB, Ramlau-Hansen CH, Pedersen HS, *et al.* Motor development following in utero exposure to organochlorines: a follow-up study of children aged 5-9 years in Greenland, Ukraine and Poland. *BMC Public Health* 2015 ; 15 : 146.

Hua J, Gu G, Jiang P, *et al.* The prenatal, perinatal and neonatal risk factors for children's developmental coordination disorder : a population study in mainland China. *Res Dev Disabil* 2014, 35 : 619-25.

Janssen AJ, Nijhuis-van der Sanden MW, Akkermans RP, *et al.* Influence of behaviour and risk factors on motor performance in preterm infants at age 2 to 3 years. *Dev Med Child Neurol* 2008 ; 50 : 926-31.

Kadesjö B, Gillberg C. Developmental coordination disorder in Swedish 7-year-old children. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1999 ; 38 : 820-8.

Kesmodel US, Bay B, Wimberley T, *et al.* Does binge drinking during early pregnancy increase the risk of psychomotor deficits? *Alcohol Clin Exp Res* 2013 ; 37 : 1204-12.

Lifshitz N, Raz-Silbiger S, Weintraub N, *et al.* Physical fitness and overweight in Israeli children with and without developmental coordination disorder: gender differences. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 2773-80.

Lingam R, Hunt L, Golding J, Jongmans M, Emond A. Prevalence of developmental coordination disorder using the DSM-IV at 7 years of age: a UK population-based study. *Pediatrics* 2009 ; 123 : e693-700.

Lucas BR, Latimer J, Pinto RZ, *et al.* Gross motor deficits in children prenatally exposed to alcohol : a meta-analysis. *Pediatrics* 2014 ; 134 : e192-209.

Majnemer A, Riley P, Shevell M, *et al.* Severe bronchopulmonary dysplasia increases risk for later neurological and motor sequelae in preterm survivors. *Dev Med Child Neurol* 2000 ; 42 : 53-60.

McPhillips M, Jordan-Black JA. The effect of social disadvantage on motor development in young children: a comparative study. *J Child Psychol Psychiatry* 2007 ; 48 : 1214-22.

Nikolić et Ilić-Stošović DD. Detection and prevalence of motor skill disorders. *Res Dev Disabil* 2009 ; 30 : 1281-7.

Parmar A, Kwan M, Rodriguez C, Missiuna C, Cairney J. Psychometric properties of the DCD-Q-07 in children ages to 4-6. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 330-9.

Roberts G, Anderson PJ, Davis N, *et al.* Developmental coordination disorder in geographic cohorts of 8-year-old children born extremely preterm or extremely low birthweight in the 1990s. *Dev Med Child Neurol* 2011 ; 53 : 55-60.

Rosenbaum PL, Missiuna C, Echeverria D, Knox SS. Proposed motor development assessment protocol for epidemiological studies in children. *J Epidemiol Community Health* 2009 ; 63 (suppl 1) : i27-36.

Seelaender J, Fidler V, Hadders-Algra M. Increase in impaired motor coordination in six-year-old German children between 1990 and 2007. *Acta Paediatr* 2013 ; 102 : e44-8.

Spittle Aj, Orton J. Cerebral palsy and developmental coordination disorder in children born preterm. *Semin Fetal Neonatal Med* 2014 ; 19 : 84-9.

Squires J, Bricker D. *Ages & Stages Questionnaires* (3rd ed). Baltimore, MD : Brookes Publishing, 2009. (www.agesandstages.com; www.brookespublishing.com/product/asq-3).

Tanis JC, van der Ree MH, Roze E, *et al.* Functional outcome of very preterm-born and small-for-gestational-age children at school age. *Pediatr Res* 2012 ; 72 : 641-8.

Tsiotra GD, Flouris AD, Koutedakis Y, *et al.* A comparison of developmental coordination disorder prevalence rates in Canadian and Greek children. *J Adolesc Health* 2006 ; 39 : 125-7.

Valentini NC, Clark JE, Whittall J. Developmental coordination disorder in socially disadvantaged Brazilian children. *Child Care Health Dev* 2015 ; 41 : 970-9.

Van Hus JW, Potharst ES, Jeukens-Visser M, *et al.* Motor impairment in very preterm-born children: Links with other developmental deficits at 5 years of age. *Dev Med Child Neurol* 2014 ; 56 : 587-94.

Williams J, Lee KJ, Anderson PJ. Prevalence of motor-skill impairment in preterm children who do not develop cerebral palsy: a systematic review. *Dev Med Child Neurol* 2010 ; 52 : 232-7.

Wilson BN, Crawford SG, Green D, Roberts G, Aylott A, Kaplan B. Psychometric properties of the revised developmental coordination disorder questionnaire. *Phys Occup Ther Pediatr* 2009 ; 29 : 182-202.

Wocadlo C, Rieger I. Motor impairment and low achievement in very preterm children at eight years of age. *Early Hum Dev* 2008 ; 84 : 769-76.

Wu SK, Cairney J, Lin HH, *et al.* Pulmonary function in children with development coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1232-9.

Wu SK, Lin HH, Li YC, *et al.* Cardiopulmonary fitness and endurance in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2010 ; 31 : 345-9.

Zhu JL, Olsen J, Olesen AW. Risk for developmental coordination disorder correlates with gestational age at birth. *Paediatr Perinat Epidemiol* 2012 ; 26 : 572-7.

Zwicker JG, Yoon SW, Mackay M, *et al.* Perinatal and neonatal predictors of developmental coordination disorder in very low birthweight children. *Arch Dis Child* 2013 ; 98 : 118-22.

3

Troubles associés

La personne porteuse de TDC présente fréquemment des troubles associés de nature diverse, en premier lieu avec d'autres troubles neuro-développementaux mais également avec des troubles psychopathologiques ou des pathologies médicales. Ces associations soulèvent un certain nombre de questions pour en comprendre la nature : mécanismes communs, conséquence d'un trouble primaire, signe d'appel, etc. Elles ont des conséquences variées sur les individus, aux niveaux physiologique, cognitif et comportemental, mais aussi en termes de participation et de qualité de vie. Dans ce chapitre, après un retour sur la terminologie utilisée devant une association de troubles chez un même individu, les associations retrouvées dans la littérature seront présentées avec une attention particulière aux données de fréquence et aux impacts sur les individus puis aux hypothèses proposées pour les expliquer.

Définitions et associations diverses

La première réflexion concerne la terminologie utilisée devant une association de troubles chez un même individu. Différents termes sont en effet en vigueur tels ceux de comorbidité, co-occurrence, co-variation ou encore continuum (Kaplan et coll., 2001 et 2006) sans véritable consensus sur leur signification.

Le terme de comorbidité a été utilisé par Feinstein (1970) pour désigner les conditions ou les manifestations associées à une maladie et ne participant pas au diagnostic initial. Ces entités cliniques distinctes peuvent, d'un point de vue chronologique, apparaître en même temps ou survenir à des périodes différentes de l'évolution de la ou des maladies ou troubles, certains troubles associés pouvant quelquefois être la conséquence des troubles primaires (Angold et coll., 1999 ; Valderas et coll., 2009). Il peut s'agir de la coexistence de plusieurs maladies, troubles ou conditions pathologiques. Toutefois Feinstein envisageait cette coexistence de plusieurs troubles de façon plus large en y incluant des entités cliniques sans rapport avec une maladie comme la grossesse ou la privation alimentaire délibérée pour perdre du poids, ou

encore des réactions à une prise médicamenteuse comme les nausées. La position de Kaplan et coll. (2006) est plus restrictive, réservant le terme de comorbidité à la présence de deux maladies ou troubles, en excluant la présence de symptômes isolés. Les auteurs recommandent d'ailleurs de faire la distinction entre symptômes et troubles. Une des difficultés, lorsque l'on se situe dans le cadre des troubles apparaissant au cours du développement, réside dans le système de classification adopté et dans la façon dont les symptômes sont associés au sein d'un trouble ou, au contraire, distingués dans les critères diagnostiques. On peut ainsi passer d'un trouble élargi à une comorbidité selon la sémiologie retenue (Angold et coll., 1999). En effet, les troubles du développement sont définis par des performances qui s'écartent de la moyenne et sont donc le résultat d'une convention, à savoir à partir de quel score seuil est établi le caractère pathologique (- 1 écart-type, 5^e percentile ou encore - 2 écarts-types).

Le terme de co-occurrence est parfois utilisé pour se démarquer de la notion de « morbidité », qui renvoie notamment au pourcentage d'individus malades dans une population. L'ambiguïté demeure toutefois, puisque la définition qu'en donnent par exemple Kaplan et coll. (2006, p. 724) est celle d'« un concept uniquement temporel, (qui) peut refléter soit une causalité sous-jacente, soit des étiologies sans aucun rapport ». Ces mêmes auteurs envisagent également la notion de continuum de sévérité qui agrégerait, au fur et à mesure, des tableaux de plus en plus larges. On pourrait ainsi englober dans un même continuum des sujets avec un développement typique, ceux présentant un TDC isolé, ou encore un TDC associé avec un trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H)⁴⁰ ou avec un trouble du langage (Dyck et coll., 2011). La question du continuum est également envisagée entre TDC et paralysie cérébrale avec notamment des réflexions sur la mise en place des soins (Rosenbloom, 2007 ; Pearsall-Jones et coll., 2010). Krueger et Markon (2006) distinguent la co-occurrence qui renverrait à la présence chez un même individu de deux diagnostics distincts, et la corrélation indiquant que, dans un groupe d'individus, deux diagnostics sont reliés ou co-varient sans pour autant préjuger des rapports de causalité. Lilienfeld et coll. (1994) utilisent d'ailleurs ce terme de co-variation à propos de troubles dont l'association est attestée dans un groupe d'individus.

Si la question de la comorbidité dans les troubles psychopathologiques chez l'enfant apparaît dans la fin des années 1980 (Anderson et coll., 1987 ; Lilienfeld et coll., 1994), l'intérêt pour les troubles associés dans le TDC se développe fortement à partir de l'étude de Kaplan et coll. (1998) qui porte sur

les associations entre troubles des apprentissages et/ou attentionnels et dont les résultats seront présentés par la suite.

Il résulte de cette étude et de celles qui ont suivi que les troubles associés au TDC sont de nature diverse : troubles neuro-développementaux (TDA/H, troubles des apprentissages, troubles spécifiques du langage oral ou troubles de la communication) ; troubles psychopathologiques (troubles anxieux, troubles dépressifs, troubles émotionnels et comportementaux) ; pathologies médicales (obésité, troubles cardio-vasculaires, syndrome d'hypermobilité articulaire bénigne, troubles du sommeil, migraine) comme l'indique la figure 3.1.

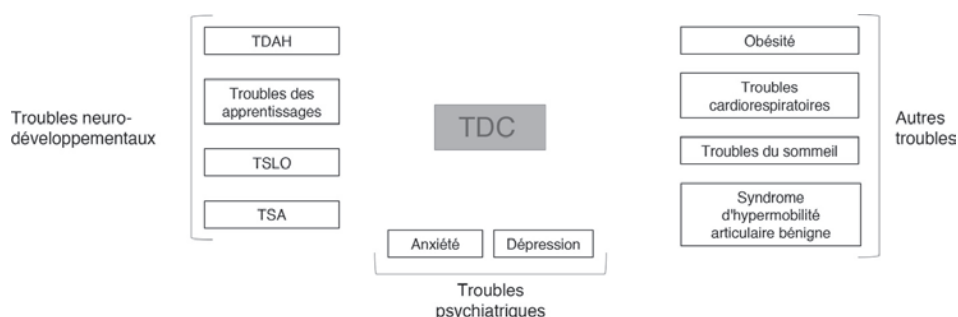


Figure 3.1 : Synthèse des principaux troubles associés au TDC

TDAH : trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité ; TSLO : troubles spécifiques du langage oral ; TSA : trouble du spectre de l'autisme

Nous allons maintenant apporter plus d'éléments pour chacune de ces associations.

Troubles neuro-développementaux

Nous rendrons tout d'abord compte des articles qui abordent l'association du TDC avec l'ensemble des troubles neuro-développementaux puis ceux traitant une association de manière plus spécifique.

Tous types de troubles neuro-développementaux

L'étude précurseur de Kaplan et coll. (1998) porte sur des enfants adressés en consultation pour troubles des apprentissages et/ou attentionnels, tout en excluant les déficiences intellectuelles. L'ensemble des enfants a bénéficié d'une évaluation des capacités attentionnelles, motrices et

langagières. La comorbidité a été explorée dans un groupe de 162 enfants (figure 3.2). Un tiers des enfants (n = 62) souffrait d'un ou plusieurs autres troubles, un autre tiers (n = 53) présentait un trouble isolé, dont 26 un TDC, et le tiers restant (47 enfants) ne répondait pas aux critères des pathologies développementales examinées (TDA/H, TDC, dyslexie), ce qui amena les auteurs à affirmer que « la comorbidité est la règle plutôt que l'exception » et à proposer le modèle du développement cérébral atypique (voir plus loin). Ces résultats ont ensuite été confirmés au cours d'une étude à laquelle ont participé 179 familles (Kaplan et coll., 2001). Parmi les 29 sujets présentant un TDC, aucun ne présentait le trouble isolé, 3 avaient un TDA/H associé, les 26 autres ayant de 2 à 4 troubles associés (TDA/H, dyslexie, trouble oppositionnel avec provocation, trouble des conduites, troubles anxieux).

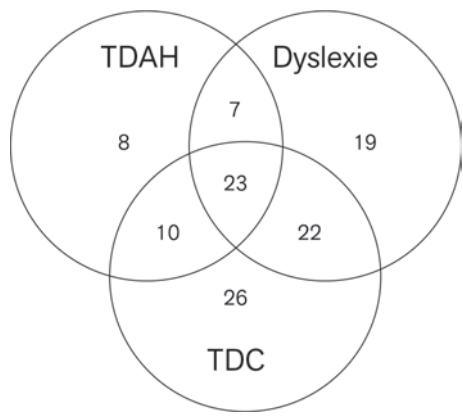


Figure 3.2 : Répartition des effectifs avec association de troubles neuro-développementaux selon Kaplan et coll. (1998)

S'il est aujourd'hui admis que les troubles de la coordination motrice, du langage, de l'attention et des apprentissages (lecture, écriture, etc.) peuvent coexister chez un même enfant avec une fréquence supérieure à celle attendue si ces difficultés étaient indépendantes, la fréquence de ces associations reste difficile à établir avec précision. En effet, la plupart des études sont basées sur de petites séries, toutefois tout à fait concordantes dans les associations qu'elles rapportent.

Un premier ensemble de publications pose la question de la prévalence des associations estimée lors d'un dépistage en population générale. Dès l'âge de 4 ans, Valtonen et coll. (2004) montrent que les associations de retards de développement dans différents domaines (attention, comportement,

compétences perceptivo-motrices, langage) existent dans 14,1 % de l'échantillon sélectionné ($n = 434$), ce qui représente près de la moitié (48,8 %) des 125 enfants présentant au moins une difficulté. Les difficultés associées sont plus sévères que les difficultés isolées et les garçons présentent plus souvent que les filles des retards dans plusieurs domaines du développement (23,9 % *versus* 5,9 % respectivement pour les garçons et les filles sur l'ensemble de l'échantillon). Des fréquences comparables ont été retrouvées chez des enfants un peu plus âgés (5-7 ans ; Stich et coll., 2014). Dans le cadre d'un dépistage réalisé à l'entrée à l'école, la motricité, le langage, la cognition et le développement psychosocial (12 compétences au total) étaient explorés. Sur cette très large série de 12 399 enfants examinés entre 1997 et 2008, 19 % présentaient un retard dans au moins deux des domaines explorés, soit 56,5 % des enfants avec au moins un retard du développement.

Un deuxième ensemble de publications explore les comorbidités associées dans des populations préalablement identifiées comme présentant un TDC (tableau 3.I) et confirme que la coexistence de différents troubles développementaux est souvent la règle. Pieters et coll. (2013), en étudiant le profil clinique de 410 enfants adressés dans des centres de prise en charge pour troubles du comportement, du développement ou déficits neurosensoriels, ont montré dans leur série que la très grande majorité des enfants porteurs d'un TDC présente un (40,3 % des cas), deux (43,7 %) ou trois ou plus (10,7 %) autres retards ou troubles du développement en plus du trouble de la coordination motrice. De manière attendue, le risque de présenter une symptomatologie associée augmente avec la sévérité du TDC (Martin et coll., 2010 ; Schoemaker et coll., 2013). Les résultats seront ensuite présentés par pathologie associée.

Enfin, une troisième série de publications rapporte une fréquence augmentée de troubles de la coordination motrice chez des enfants avec d'autres troubles sans que cette augmentation ne soit toujours quantifiée. Les études portent principalement sur des populations avec troubles du langage (Hill, 2001 ; Flapper et Schoemaker, 2013 ; Gooch et coll. 2014), troubles des apprentissages (Pieters et coll., 2012 ; Margari et coll., 2013) ou TDA/H (Fliers et coll., 2008).

Tableau 3.1 : Association de troubles neuro-développementaux

Référence	TDC : définition groupe à l'étude âge effectif	Compétences explorées	Résultats
Cruddace et Riddell, 2006	TDC MABC 9-10 ans n = 25 TDC (dont 9 avec troubles de la lecture) n = 15 troubles de la lecture n = 31 témoins	Attention	Co-occurrence TDC et difficultés de lecture supérieure à celle attendue si troubles indépendants Comparativement aux témoins : performances plus basses sur tous les tests attentionnels
Dewey et coll., 2002	TDC DCDQ, MABC, BOTMP 11-12 ans n = 45 avec TDC n = 51 suspects de TDC n = 78 témoins	Attention Apprentissages (lecture, écriture, orthographe) Ajustement psychosocial	Association avec diagnostic de TDA/H En comparaison aux témoins : performances plus faibles en lecture, écriture, orthographe plus de difficultés dans les relations sociales
Lingman et coll., 2010	TDC (< 15 ^e perc.) <i>ALSPAC coordination test</i> (inclut la MABC) 7-9 ans n = 346	Attention Langage Compétences sociales Performances académiques	Association avec : troubles de l'attention OR 1,9 [1,2-3,2] répétition de non mots OR 1,8 [1,3-2,7] communication sociale OR 1,9 [1,1-3,0] lecture OR 3,4 [2,4-4,8] orthographe OR 2,8 [2,0-3,9]
Pieters et coll., 2013	TDC DSM, MABC-2 (< 15 ^e perc.) 7-12 ans n = 201 TDC (102 TDC et 99 TDC + MLD) n = 75 MLD n = 136 témoins	Difficultés en mathématiques	Association problèmes moteurs et difficultés en mathématiques (en particulier sous-type mémoire sémantique)
Schoemaker et coll., 2013	TDC <i>ALSPAC coordination test</i> (inclut la MABC) 7 ans n = 289 TDC (< 5 ^e perc.) n = 951 TDC (5 ^e -15 ^e perc.) n = 5719 témoins	Attention Compétences académiques (lecture, orthographe, écriture) Compétences sociales	En comparaison aux témoins : performances plus basses en lecture performances plus basses en écriture plus de problèmes attentionnels compétences sociales plus basses
Tseng et coll., 2007	TDC DCDQ (<i>screening</i>), BOTMP 6-10 ans n = 38 avec TDC n = 32 suspects de TDC n = 82 témoins	Attention Hyperactivité Lecture Écriture Ajustement psychosocial	En comparaison aux témoins : performances plus basses en attention et lecture performances comparables en écriture plus hyperactifs plus de difficultés dans les relations sociales

BOTMP : *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency* ; DCDQ : *Developmental Coordination Disorder Questionnaire* ; IC : intervalle de confiance ; MABC : *Movement Assessment Battery for Children* ; MLD : *Mathematical Learning Disability* ; OR : *odds ratio* ; perc. : percentile ; TDA/H : trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité ; TDC : trouble développemental de la coordination.

TDA/H

L'association entre TDC et TDA/H est une donnée ancienne, déjà présente dans les tableaux de dysfonctionnement cérébral *a minima* (DCM ; Clements, 1966). La fréquence d'une telle association est élevée. Dans les publications portant sur des populations identifiées comme présentant un TDC, les associations avec un trouble de l'attention (Dewey et coll., 2002 ; Cruddace et Riddell, 2006 ; Tseng et coll., 2007 ; Lingman et coll., 2010 ; Schoemaker et coll., 2013) sont les plus fréquemment retrouvées, avec des performances dégradées chez les enfants présentant un TDC comparativement à des enfants à développement typique (tableaux 3.1). Dans les publications s'intéressant à une population d'enfants avec TDA/H, l'association avec le TDC concernerait environ un tiers des enfants avec TDA/H (Fliers et coll., 2008). Enfin, dans d'autres publications on retrouve entre 30 et 50 % des enfants avec l'un des troubles qui sont également porteurs de l'autre (Kadesjö et Gillberg, 1998 ; Tervo et coll., 2002 ; Pitcher et coll., 2003 ; Watemberg et coll., 2007 ; Gagné et coll., 2008 ; Williams et coll., 2013 ; Kaiser et Albaret, 2016 ; voir Kaiser et coll., 2015 et Goulardins et coll., 2017 pour deux revues récentes de cette association). Ces résultats sont néanmoins à nuancer dans la mesure où certains articles mentionnent des troubles moteurs chez les enfants TDA/H, ce qui renvoie à la question de savoir s'il s'agit d'une conséquence du TDA/H ou d'une association avec un TDC.

Toutefois, le constat de ces associations fréquentes a conduit certains auteurs scandinaves, dont Gillberg et coll. (1982), à proposer le terme de déficit en attention, contrôle moteur et perception (DAMP) pour qualifier l'association TDC et TDA/H. Une étude de cohorte, réalisée en Suède et portant sur 409 enfants âgé de 7 ans, retrouvait ainsi un TDC isolé chez 7,3 % des enfants, un TDA/H isolé chez 7,4 % et un DAMP chez 6,6 %, dont 1,7 % considéré comme sévère (Kadesjö et Gillberg, 1998).

Il semble que l'association TDC et TDA/H produise un effet cumulatif, tant au niveau comportemental et cognitif qu'au niveau psychologique. Par exemple, dans une tâche d'appui digital répétée avec variation de la force de l'appui, les enfants porteur d'un TDC et d'un TDA/H associés présentent des pics de force augmentés par rapport aux sujets TDA/H et contrôles (Pitcher et coll., 2002). Dans un ensemble de tâches visuomotrices (poursuite d'une cible sur un écran, traçage d'un trait entre deux cercles concentriques), Lee et coll. (2013) ont aussi montré que les sujets présentant un TDC et un TDA/H ont des mouvements moins fluides et moins réguliers et utilisent plus de force que les sujets avec TDA/H isolé ou les sujets contrôles.

Concernant les aspects psychologiques, un suivi sur 15 ans d'une des premières cohortes ($n = 141$) étudiées par Gillberg et coll. (1982) montre que les sujets présentant un TDC et un TDA/H ont, à l'âge de 22 ans, un risque plus élevé de personnalité antisociale, d'alcoolisme, d'infractions criminelles, de dyslexie et un faible niveau d'instruction (Rasmussen et Gillberg, 2000). Comparés à des enfants présentant un TDC ou un TDA/H, ceux qui présentent les 2 troubles sont plus souvent considérés comme dépressifs par leur parent (3 à 5 fois plus pour Missiuna et coll., 2014).

Au niveau cérébral, les études comparant des sujets présentant un TDC ou un TDA/H isolés et ceux avec l'association des deux troubles montrent également des particularités. McLeod et coll. (2014) constatent une connectivité fonctionnelle altérée et plus élevée entre le cortex moteur primaire et les régions cérébrales impliquées dans le traitement sensorimoteur et dans le contrôle cognitif du mouvement, ce qui suggère une plus grande sollicitation de ces réseaux pour pouvoir planifier et exécuter correctement les mouvements. Dans une étude avec IRM de diffusion, Langevin et coll. (2014) retrouvent un effet additif, les sujets présentant un TDA/H et un TDC cumulant les altérations retrouvées dans les deux troubles présents isolément (régions distinctes du corps calleux). Toutefois, en étudiant l'épaisseur corticale, Langevin et coll. (2015) montrent une diminution plus importante et distribuée différemment lorsque les deux troubles étaient associés plutôt qu'isolés, ce qui les a amenés à considérer que les sujets avec troubles associés sont singuliers sur le plan neurobiologique.

Martin et coll. (2006), à partir d'une étude sur 1 285 paires de jumeaux enfants et adolescents âgés de 5 à 16 ans, envisagent que le TDA/H et le TDC présentent une héritabilité partagée, notamment entre le TDC avec troubles de la motricité fine et le TDA/H à prédominance inattentive.

Malgré la constatation fréquente et ancienne d'une telle association, la connaissance des mécanismes explicatifs est encore partielle et discutée. L'une des raisons est que, dans de nombreuses études portant sur chacun de ces deux troubles affectant la motricité intentionnelle, les éventuelles comorbidités n'ont pas été considérées, limitant ainsi la portée des conclusions (Kaiser et coll., 2015). De plus, les implications et les conséquences sont loin d'être prises en compte, comme pour nombre de ces comorbidités : du point de vue de la clinique dans l'évaluation et la mise en place des soins et des aménagements ; concernant la recherche, dans la délimitation du périmètre de chacun de ces troubles ainsi que dans les facteurs d'inclusion et d'exclusion des participants aux études, mais également dans l'analyse de cet état de fait (Goulardins et coll., 2017).

Troubles des apprentissages

Différentes études confirment l'importance de l'association entre TDC et troubles des apprentissages, malgré les différences dans les critères d'inclusion ou dans les définitions retenues pour les différents troubles. Lorsque l'on part d'une population avec troubles des apprentissages, la présence de troubles moteurs est fréquente comme le montre l'étude de Vuijk et coll. (2011), réalisée auprès de 137 enfants de 7 à 12 ans porteurs d'un trouble des apprentissages, dont 50 % ont des troubles moteurs (MABC < 15^e percentile), avec des corrélations positives entre équilibre et résultats en mathématiques, maîtrise de balles et lecture ou encore dextérité manuelle et orthographe. Dans une population clinique de 3 608 enfants, dont 1 319 porteurs d'un trouble des apprentissages, Pieters et coll. (2012) trouvent que 24,8 % des sujets avec trouble des apprentissages présentent des troubles moteurs (score inférieur au 10^e percentile à la MABC ou au *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency*). Enfin, Margari et coll. (2013) trouvent qu'entre 18 % et 28 % des 448 enfants avec troubles des apprentissages présentent un TDC.

Dyslexie

L'association entre dyslexie et TDC est envisagée dès 1974 par Crichtley, qui constate que même si la « maladresse n'est pas du tout un symptôme constant », 34 des 125 enfants porteurs d'une dyslexie dans son étude présentent également des difficultés motrices. La présence de troubles moteurs est d'ailleurs fréquemment rapportée dans les recherches sur la dyslexie (Jover et coll., 2013). Des atteintes de la locomotion (Westendorp et coll., 2011), de l'équilibre et de la dextérité manuelle (Jongmans et coll., 2003 ; Iversen et coll., 2005) sont trouvées chez des enfants avec une dyslexie. Les difficultés en motricité fine, associées à la dyslexie, touchent à la fois la manipulation d'objets (Stoodley et Stein, 2006) et la graphomotricité (Smits-Engelsman et coll., 2003).

Les pourcentages de l'association entre TDC et dyslexie restent importants quels que soient les critères retenus. Mæland et Søvik (1993) trouvent ainsi 22 % de sujets présentant un TDC parmi les sujets avec une dyslexie. L'expertise collective de l'Inserm (2007) mentionne des proportions similaires avec 22 % de troubles de la motricité (TDC et/ou dysgraphie) parmi les 177 dyslexiques de l'étude de Habib (2003). L'étude de Chaix et coll. (2007), portant sur une population de 58 enfants dyslexiques, montre une association avec le TDC de l'ordre de 40 % à 57 %, avec un score à l'échelle de développement psychomoteur de Lincoln-Oseretsky inférieur à - 2 ET pour 40 % d'entre eux, et un score compris entre - 1 et - 2 ET pour 17 % d'entre eux.

Iversen et coll. (2005) comparent 20 enfants de 10-11 ans avec une dyslexie sévère diagnostiquée médicalement (milieu clinique), 17 faibles lecteurs identifiés en milieu scolaire et 22 bons lecteurs constituant le groupe contrôle. 60 % des sujets du groupe clinique et 53 % des mauvais lecteurs présentent des scores inférieurs au 5^e percentile à la MABC contre seulement 13,6 % dans le groupe contrôle. Les pourcentages de troubles de la motricité intentionnelle au sein d'une population de dyslexiques peuvent atteindre jusqu'à 59 % (Ramus et coll., 2003), voire 80 % des cas (Fawcett et Nicolson, 1999). Lorsque les études portaient sur des enfants maladroits, Gubbay et coll. (1965) évoquaient déjà des troubles de la lecture chez environ 30 % des sujets (6 sur 21 enfants). Par la suite, Kaplan et coll. (1998) ont montré que sur les 81 sujets avec un diagnostic de TDC, 45 présentent une dyslexie, soit 56 %. Les publications portant sur les enfants présentant un TDC rapportent également que les associations entre TDC et trouble de la lecture (Cruddace et Riddell, 2006 ; Dewey et coll., 2002 ; Lingman et coll., 2010 ; Martin et coll., 2010 ; Schoemaker et coll., 2013 ; Tseng et coll., 2007) sont les plus fréquemment retrouvées avec des performances dégradées chez les enfants présentant un TDC comparativement à des enfants à développement typique (tableau 3.I). O'Hare et Khalid (2002) trouvent également des troubles de lecture chez 70 % des 23 enfants présentant un TDC, contre 14 % dans une population contrôle (n = 136).

Les sujets porteurs de l'association dyslexie et TDC semblent avoir des caractéristiques comportementales et cognitives plus proches des enfants avec dyslexie seule que de celles des enfants présentant un TDC isolé (Biotteau et coll., 2015 et 2017), ce qui indiquerait qu'il n'y a pas dans cette configuration de phénomène cumulatif.

Dyscalculie

Les difficultés en calcul et mathématiques sont présentes chez des enfants porteurs d'un TDC (Pieters et coll., 2012). Ces derniers éprouvent plus de difficultés à réaliser des opérations simples, à faire du calcul mental, à ranger des séries de nombres. Les auteurs différencient en outre les sujets présentant un TDC modéré (MABC-2 < 15^e percentile) et ceux présentant un TDC sévère (MABC-2 < 5^e percentile), les seconds ayant un retard moyen de deux ans dans ces épreuves par rapport aux sujets à développement typique, alors que le retard se limite à un an pour les premiers. Les auteurs restent toutefois prudents sur la question du trouble de l'apprentissage des mathématiques, considérant que tous les critères diagnostiques n'ont pu être étudiés et notamment l'absence de sensibilité aux interventions spécialisées mises en place dans le milieu scolaire. Gomez et coll. (2015) ont aussi montré que

les enfants présentant un TDC ont de moins bonnes performances dans des tâches de comparaison de nombres symboliques (chiffres arabes) et non symboliques (quantité de points) et dans des tâches d'additions simples. Néanmoins, dans une tâche de ligne numérique, Gomez et coll. (2015) montrent que si les enfants présentant un TDC sont moins précis pour estimer la position des nombres sur la ligne numérique, ils utilisent les mêmes stratégies que les enfants contrôles basées sur le principe de linéarité (l'écart entre 9 et 10 est le même qu'entre 90 et 91), à la différence des enfants dyscalculiques. Ces résultats suggèrent que les mécanismes sous-tendant les difficultés en mathématiques ne sont pas similaires dans les deux troubles.

Par ailleurs, il est intéressant de noter que sous le terme d'incapacité d'apprentissage non verbale, différents auteurs ont décrit un tableau associant une dyscalculie, des troubles perceptivo-moteurs et visuospatiaux ainsi que des difficultés dans les habiletés sociales alors que les différentes fonctions verbales sont préservées, voire d'un niveau supérieur à la moyenne (Rourke, 1987 et 1995 ; Mammarella et Cornoldi, 2014 ; Cornoldi et coll., 2016).

Troubles de la communication, troubles du langage

Quelles que soient les appellations des troubles spécifiques du langage oral (TSLO), leur association avec le TDC ou des troubles moteurs est retrouvée de façon constante dans les études portant sur la fréquence des troubles de la motricité chez les enfants diagnostiqués comme ayant un trouble du développement du langage (voir chapitre Motricité et langage). Par ailleurs, bien que le profil linguistique des enfants présentant un TDC reste encore mal connu, les études portant sur la description des troubles du langage chez les enfants diagnostiqués TDC en comparaison avec les enfants diagnostiqués TSLO montrent qu'il existe bien un risque de co-occurrence entre TDC et troubles du langage (*ibid.*).

Trouble du spectre de l'autisme

La question de l'association entre le TDC et les troubles du spectre de l'autisme (TSA) a été envisagée sous différents angles. Quelques informations sont données ici mais cette association n'a pas été considérée dans la suite de l'expertise.

Miyahara et coll. (1997) comparent les capacités motrices de 26 enfants avec un syndrome d'Asperger et celles de 16 enfants avec un trouble des apprentissages à l'aide de la MABC. Ils retrouvent un trouble spécifique du développement moteur chez, respectivement, 85 % et 88 % d'entre eux et

confirment ainsi des études précédentes. De même, l'étude de Green et coll. (2009) montre que 79 % des enfants avec TSA, avec ou sans déficience intellectuelle, évalués à partir de la MABC, ont un score pathologique (< 5^e percentile) et 10 % présentent un score limite nécessitant une surveillance, ce qui va aussi dans le sens d'une coexistence entre TDC et TSA. Plus largement, la présence de troubles moteurs et psychomoteurs dans l'autisme est aujourd'hui bien documentée (Kopp et coll., 2010 ; Miller et coll., 2014 ; Paquet et coll., 2016 ; Subramanian et coll., 2017 ; Kaur et coll., 2018). Sont ainsi retrouvés des troubles au niveau du contrôle postural et de la marche (Rinehart et coll., 2006 ; Freitag et coll., 2007), des coordinations générales, de la dextérité manuelle et de l'écriture (Provost et coll., 2007 ; Jasmin et coll., 2009 ; Kushki et coll., 2011 ; Kaur et coll., 2018). Des troubles des praxies visuoconstructives, associés à un déficit dans la motricité fine sont également rencontrés (Hellinckx et coll., 2013), de même que des troubles des praxies gestuelles (Dewey et coll., 2007 ; Miller et coll., 2014). À l'aide de la *Florida Apraxia Battery* adaptée pour les enfants (gestes sur commande verbale, sur imitation et avec utilisation d'objets), MacNeil et Mostofsky (2012) trouvent que les enfants avec autisme commettent un plus grand nombre d'erreurs dans les différentes conditions du test que les enfants avec TDA/H et les enfants à développement typique. Les auteurs attribuent ces résultats à une anomalie du système des neurones miroirs. Ces résultats sont retrouvés par Kaur et coll. (2018). Cependant pour Dowell et coll. (2009), les difficultés seraient surtout présentes lors de l'imitation de gestes sans signification. À l'exception des troubles affectant la motricité globale (évaluée avec le *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency – BOTMP*), les différents troubles rencontrés dans le cadre de cette association, et notamment les troubles praxiques, sont indépendants des capacités intellectuelles des enfants (Kaur et coll., 2018) suggérant que ces troubles doivent être considérés comme partie intégrante du tableau de TSA.

L'association de problèmes moteurs (déterminés à partir de la *Child Behavior Checklist*) et de traits autistiques (évalués avec la *Social Responsiveness Scale*) a été étudiée auprès d'enfants TDA/H issus de la *Missouri Twin Study* (n = 1 647) (Reiersen et coll., 2008). Les résultats indiquent que l'association TDA/H et problèmes moteurs est accompagnée d'un niveau plus élevé de traits autistiques que le TDA/H isolé.

Troubles psychopathologiques

Un ensemble de travaux atteste que les associations avec des difficultés psychopathologiques sont plus fréquemment retrouvées avec des performances

dégradées chez les enfants présentant un TDC comparativement à des enfants à développement typique (Dewey et coll., 2002 ; Tseng et coll., 2007 ; Lingman et coll., 2010 ; Schoemaker et coll., 2013). Il apparaît en effet que les enfants et adolescents porteurs d'un TDC présentent un risque augmenté de développer secondairement une série de difficultés émotionnelles et comportementales qui peuvent aller jusqu'à la coexistence de troubles anxieux et dépressifs durables (Green et coll., 2006 ; Cairney et coll., 2010b ; Waszczuk et coll., 2016).

Les résultats sur ces associations sont influencés par la nature des populations explorées, avec globalement dans la littérature trois types de recrutement. Le premier correspond à des enfants présentant un TDC cliniquement confirmé, recrutés dans des centres de référence et comparés à des enfants à développement typique quant à la fréquence des troubles psychopathologiques (Green et coll., 2006 – groupe de référence externe ; Pratt et Hill, 2011 – groupe témoin interne à l'étude). Le deuxième correspond à un recrutement en population générale, repérant un groupe d'enfants moins sévères que dans le premier cas en l'absence des biais d'adressage et un groupe contrôle (Piek et coll., 2008 ; Campbell et coll., 2012 ; Lingam et coll., 2012 ; Missiuna et coll., 2014 ; Hill et coll., 2016), la première étude citée s'intéressant à des enfants présentant un TDC d'âge préscolaire (4,3 ans en moyenne). Ici également, il s'agit de quantifier le risque supplémentaire de présenter un trouble psychopathologique comparativement à la population générale. Enfin, on trouve des échantillons définis par l'existence des troubles psychopathologiques – troubles anxieux (Ekornås et coll., 2010 ; Skirbekk et coll., 2012), troubles émotionnels (Iversen et coll., 2006), dépression (Fuhrmann et coll., 2014) – et pour lesquels une association avec des troubles de la coordination motrice est recherchée.

Ces études sont difficilement comparables car elles explorent des symptomatologies variées avec des outils différents et les questionnaires sont complétés par les enfants (*self-report*), les parents ou les enseignants. Les résultats vont maintenant être présentés par type de troubles.

Troubles émotionnels et comportementaux

Chez les enfants d'âge scolaire, les troubles de la coordination motrice sont associés à des scores plus élevés au SDQ *Strengths and Difficulties Questionnaire*⁴¹, témoignant d'une plus grande fréquence de troubles émotionnels et comportementaux dans la population présentant un TDC comparativement

41. Goldmann, 1997

à la population à développement typique (Green et coll., 2006 ; Lingam et coll., 2012 ; Hill et coll., 2016) (tableau 3.II). Il convient néanmoins de rester prudent quant à l'interprétation des résultats au SDQ dans la mesure où il s'agit d'un outil de dépistage qui explore les aspects émotionnels, comportementaux mais aussi l'hyperactivité et l'inattention ou encore la relation avec les pairs. L'association aux troubles émotionnels est toutefois retrouvée également par Piek et coll. (2008) chez des enfants plus jeunes âgés de 3,5 à 5,5 ans ainsi que par Iversen et coll. (2006) avec l'utilisation d'autres outils.

Tableau 3.II : Associations de troubles émotionnels et comportementaux avec des troubles de la coordination motrice

Référence	Définition groupe à l'étude : âge moyen, effectif	Symptomatologie explorée, outil, répondant	Résultats
Green et coll., 2006	TDC (< 15 ^e perc. MABC) : 8 ans, n = 47	Troubles émotionnels et comportementaux : <i>Strengths and Difficulties Questionnaire</i> (SDQ), parent	75 % des parents rapportent des troubles émotionnels et du comportement modérés à sévères (score total)
Hill et coll., 2016	TDC (<i>C-KAT battery</i>) + DT : 7,7 ans, n = 298	Troubles émotionnels et comportementaux : <i>Strengths and Difficulties Questionnaire</i> (SDQ), enseignant	OR = 5,9 [2,9-12,9] mesurant le risque supplémentaire d'avoir un trouble (SDQ Score total, % anormal) quand on réduit d'un ET la performance motrice (score C-KAT)
Lingam et coll., 2012	TDC (probable TDC, < 15 ^e perc., 3 sous-tests dérivés de la MABC) : 9-10 ans, n = 346 DT : n = 5 254	Symptômes dépressifs : <i>Short Mood and Feelings Questionnaire</i> (SMFQ), enfant Troubles émotionnels et comportementaux : <i>Strengths and Difficulties Questionnaire</i> (SDQ), parent	Symptômes dépressifs : OR brut = 2,4 [1,6-3,6] OR ajusté = 1,3 [0,8-2,1] SDQ : OR brut = 4,7 [3,5-6,3] OR ajusté = 2,8 [1,9-4,1]
Piek et coll., 2008	TDC (< 15 ^e perc., <i>McCarron Assessment of Neuromuscular Development</i>) : 4,3 ans, n = 40	Troubles émotionnels : <i>Emotion Recognition Scales</i> (ERS) <i>Child Behaviour Check List</i> (CBCL)	Scores anxiété/dépression plus élevés chez enfants à risque de TDC comparativement aux enfants non à risque Corrélation avec le score moteur : 0,402 ; <i>p</i> < 0,05
Iversen et coll., 2006	Troubles émotionnels et comportementaux sévères (<i>Teacher's report Form</i> , TRF) : 6,4 ans, n = 29 Témoins appariés sur le sexe : 6,2 ans, n = 29	TDC (MABC)	Score total : moyenne ± ET 14,2 ± 9,4 vs 5,3 ± 4,2 ; <i>p</i> < 0,001 % score ≤ 5 ^e perc. 55,2 % vs 10,3 %

DT : enfant à développement typique ; ET : écart-type ; OR : odds ratio ; TDC : trouble développemental de la coordination.

Troubles anxieux

Les relations entre TDC et anxiété sont décrites depuis plusieurs décennies avec des résultats concordants (tableau 3.III) : les enfants porteurs d'un TDC présentent significativement plus souvent des troubles anxieux que la population sans TDC (Schoemaker et Kalverboer, 1994 ; Piek et coll., 2008 ; Pratt et Hill, 2011 ; Missiuna et coll., 2014 ; voir aussi Piek et Rigoli, 2015 pour une revue). Quelques articles montrent également que des troubles moteurs sont plus fréquemment retrouvés dans les populations avec troubles anxieux.

Skinner et Piek (2001) retrouvent ainsi une estime de soi plus faible et plus d'anxiété (état et trait) associées à un niveau de support social perçu plus faible chez des enfants (n = 58) présentant un TDC ou un TDC probable comparativement à des sujets à développement typique. Selon les résultats de l'enquête par questionnaires et entretiens dirigés réalisée par Stephenson et Chesson (2008), les mères d'enfants présentant un TDC rapportent des difficultés émotionnelles, de l'anxiété et des symptômes dépressifs, associés à la persistance des difficultés motrices. Un tel état de fait génère aussi un niveau de souffrance élevé pour l'ensemble de la famille.

Plus les symptômes de difficultés motrices sont précoces et stables et plus les symptômes dépressifs sont importants. Piek et coll. (2010) montrent que la présence de troubles moteurs attestée à 11 reprises entre 4 mois et 4 ans, avec un outil de dépistage portant sur la communication, les habiletés motrices fines et globales, la socialisation et la résolution de problèmes (*Ages and Stages Questionnaires*), est prédictive des scores aux échelles d'anxiété et dépression de la *Child Behavior Checklist* (CBCL) obtenus entre 6 et 12 ans.

Les données fournies par un suivi longitudinal de cohorte, réalisé en Angleterre sur 6 850 sujets, montrent également que les garçons présentant cinq signes d'habiletés motrices faibles (retard d'apparition de la marche, décrit comme « maladroit » à 7 ans, motricité manuelle faible à 7 et 11 ans, et problème de coordination à 11 ans) sont trois fois plus souvent considérés comme anxieux par leur mère que les sujets contrôles, et ce de façon récurrente à 11 ans et 16 ans (Sigurdsson et coll., 2002). Il n'est toutefois pas exclu que des troubles associés de type TDA/H et troubles des apprentissages aient pu jouer un rôle dans ces résultats (Missiuna, 2003).

De manière intéressante, l'association d'une symptomatologie anxieuse ou dépressive au trouble de la coordination motrice a été étudiée chez des couples de jumeaux monozygotes discordants pour le diagnostic de TDC (Piek et coll., 2007 ; Pearsall-Jones et coll., 2011). Dans les deux études,

on note une fréquence significativement augmentée de troubles anxieux ou dépressifs chez le jumeau présentant un TDC comparativement au co-jumeau sans TDC. Dans l'étude de Pearsall-Jones et coll. (2011), les auteurs arrivent à plusieurs conclusions : 1) les symptômes d'anxiété et de dépression sont plus importants au sein des paires dont l'un au moins des jumeaux a un trouble moteur ; 2) ils sont plus fréquents chez le jumeau présentant des troubles moteurs que chez le jumeau indemne dans les paires discordantes pour les troubles moteurs ; 3) le niveau d'anxiété est plus élevé dans les paires discordantes que dans les paires concordantes. Ces différents éléments suggèrent l'influence de facteurs environnementaux et vont dans le sens d'étiologies différentes entre les troubles moteurs et les troubles anxieux et dépressifs.

À l'inverse, en comparant des enfants avec troubles anxieux sans autre psychopathologie ($n = 27$) et un groupe d'enfants sans troubles anxieux, Ekornås et coll. (2010) trouvent que 44,4 % des premiers ont un score à la MABC inférieur au 5^e percentile, suggérant la présence d'un TDC, le pourcentage étant plus élevé chez les garçons que chez les filles. Ces résultats sont concordants avec ceux de l'étude de Skirbekk et coll. (2012) réalisée auprès d'enfants avec troubles anxieux ($n = 41$, 7-13 ans) et dont 46 % présentent un score à la MABC inférieur au 5^e percentile.

Skinner et Piek (2001) retrouvent aussi une estime de soi plus faible et plus d'anxiété (état et trait) associées à un niveau de support social perçu plus faible chez des adolescents ($n = 51$) présentant un TDC ou un TDC probable comparés à des sujets à développement typique. L'intensité des difficultés est plus élevée chez les adolescents présentant un TDC par rapport aux enfants porteurs d'un TDC ($n = 58$), ce qui indique que les conséquences psychosociales du TDC s'aggravent avec l'avancée en âge. De même, le niveau de support social perçu est relié au niveau de capacités motrices chez les adolescents alors qu'il ne l'est pas chez les plus jeunes. Ces différents éléments soulignent l'impact négatif du TDC sur les relations sociales et les aspects émotionnels.

Enfin, Hill et Brown (2013) ont montré que les adultes porteurs d'un TDC (36 adultes évalués à 29,3 ans en moyenne) présentaient significativement plus souvent que les adultes témoins des états et des traits d'anxiété ainsi que des symptômes dépressifs.

Tableau 3.III : Association de troubles anxieux avec des troubles de la coordination motrice

Référence	Définition groupe à l'étude : âge moyen, effectif	Symptomatologie explorée, outil, répondant	Résultats
Missiuna et coll., 2014	TDC (< 15 ^e perc. MABC) : 11,6 ans, n = 68 DT : 11,9 ans, n = 91	Anxiété : <i>Childhood Anxiety and Related Emotional Disorders</i> (SCARED), enfant + parent	SCARED Prévalence (%) Répond. enfant : 33,8 % vs 23,1 % ; S Répond. parent : 16,7 % vs 1,1 % ; S
Piek et coll., 2008	TDC (< 15 ^e perc., <i>McCarron Assessment of Neuromuscular Development</i>) : 4,3 ans, n = 40	Troubles émotionnels : <i>Emotion Recognition Scales</i> (ERS) <i>Child Behaviour Check List</i> (CBCL)	Scores anxiété/dépression plus élevés chez enfants à risque de TDC comparativement aux enfants non à risque Corrélation avec le score moteur : -0,402 ; $p < 0,05$
Pratt et Hill, 2011	TDC (< 5 ^e perc. MABC) : 10,1 ans, n = 27 DT : 9,4 ans, n = 35	Anxiété : <i>Spence Children's Anxiety Scale</i> , parent	Score total : moyenne \pm ET 23,0 \pm 19,8 vs 11,7 \pm 6,5 ; $p < 0,005$
Ekornås et coll., 2010	Troubles anxieux isolés (Kiddie-SADS P/L) : 8-11 ans, n = 27 Témoins appariés sur âge, sexe, QI : n = 27	TDC (MABC)	Score total : moyenne \pm ET 13,4 \pm 8,9 vs 7,7 \pm 4,6, $p < 0,005$ % score \leq 5 ^e perc. 44,4 % vs 11,1 % ; $p < 0,01$
Fuhrmann et coll., 2014	Symptômes dépressifs (<i>Preschool Feelings Checklist</i>) : 6,2 ans, n = 37 Témoins : 6,2 ans, n = 616	Problèmes du développement moteur	67,6 % vs 43 % ; OR = 2,8 [1,4-5,6]
Skirbekk et coll., 2012	Troubles anxieux (Kiddie-SADS P/L) : 10,9 ans, n = 41 Témoins : 10,7 ans, n = 36	TDC (MABC)	Score total : moyenne 11,4 vs 6,5 ; $p = 0,004$ % score \leq 5 ^e perc. 46,3 % vs 5,6 % ; $p < 0,001$

DT : enfant à développement typique ; ET : écart type ; OR : *odds ratio* ; S : significatif ; TDC : trouble développemental de la coordination.

Troubles dépressifs

Les associations sont moins claires avec la symptomatologie dépressive (tableau 3.IV). Ainsi, Campbell et coll. (2012) retrouvent des scores de dépression significativement plus élevés que dans le groupe de comparaison. D'après ces auteurs, les enfants présentant un TDC probable semblent être plus souvent la cible de remarques désagréables ou de mises à l'écart que leurs pairs avec pour conséquence un risque aggravé de troubles dépressifs. Cependant, le degré de victimisation pourrait dépendre du niveau de difficultés et ne concerner que certains des enfants présentant un TDC. Les résultats sont discordants dans l'étude conduite par Missiuna et coll. (2014), avec une fréquence d'enfants avec troubles dépressifs significativement plus

élevée dans le groupe TDC que dans le groupe témoin lorsque les réponses des enfants ont été examinées, alors que cette association n'est pas significative pour ce qui concerne les réponses des parents. L'association est également non significative après ajustement dans l'étude conduite par Lingam et coll. (2012). Enfin, Piek et coll. (2005) ne retrouvent pas de différences significatives sur ce point auprès de 43 enfants, âgés de 7 à 11 ans, présentant un TDC probable comparés à un groupe apparié de sujets typiques. On peut donc supposer que ces troubles pourraient être en partie médiés par d'autres facteurs comme un QI verbal bas, une estime de soi dégradée, ou le fait que ces enfants soient victimes de harcèlement (Lingam et coll., 2012). Cependant, la plupart des auteurs ne prennent pas en compte l'ensemble des facteurs confondants, et se contentent uniquement du sexe et du quotient intellectuel. Rappelons les études de Pearsall-Jones et coll. (2011) et de Piek et coll. (2007) conduites sur des couples de jumeaux monozygotes discordants pour le diagnostic de TDC et qui notent une fréquence significativement augmentée de troubles anxieux ou dépressifs chez le jumeau présentant un TDC comparativement au co-jumeau sans TDC.

Par exemple, parmi les facteurs qui rendraient compte de l'association entre TDC et dépression, l'isolement social secondaire aux limitations en matière d'activité physique est avancé (Bouffard et coll., 1996 ; Campbell et coll., 2012). Cette hypothèse rejoint celle de la pression environnementale (*Environmental Stress Hypothesis*) développée par Cairney et coll. (2010), qui proposent que le TDC soit lié à des troubles internalisés (symptômes dépressifs et anxiété) par le fait que le TDC impacte et limite les activités sociales, notamment physiques et sportives. La présence d'un TDC occasionne des échecs répétés dans un ensemble de tâches motrices qui débouchent sur une perception négative de ses propres capacités par le sujet, affaiblissent l'estime de soi et provoquent un sentiment de dévalorisation lorsque le sujet se compare à ses pairs. La perception négative s'appuie sur la présence réelle de difficultés, mais aussi sur les réactions de l'entourage. La tendance à l'isolement en est alors une conséquence directe. Des sentiments d'échec, d'humiliation et d'embarras ainsi que la question de l'évitement sont d'ailleurs rapportés par les adultes questionnés par Fitzpatrick et Watkinson (2003) et qui présentaient une maladresse physique dans leur enfance. Rappelons également l'étude de Hill et Brown (2013) qui montre que les adultes porteurs d'un TDC présentent significativement plus souvent que les adultes témoins des états et des traits d'anxiété ainsi que des symptômes dépressifs.

Rigoli et coll. (2012) proposent et testent, sur un groupe de 93 adolescents âgés de 12 à 16 ans, un modèle explicatif indirect des liens entre habiletés motrices et troubles internalisés (symptômes dépressifs et anxiété) qui

renforce l'hypothèse de Cairney et coll. (2010). Les auto-perceptions négatives mesurées par le *Self-Description Questionnaire-II* sont au centre de ce modèle et constitueraient en effet un intermédiaire entre les habiletés motrices mesurées par la MABC-2 (principalement équilibre ainsi que viser et attraper) et le fonctionnement émotionnel mesuré par l'échelle d'anxiété de l'enfant de Spence et le *Mood and Feelings Questionnaire* pour la symptomatologie dépressive. Un tel modèle rend compte de 45,14 % de la variance du fonctionnement émotionnel.

Tableau 3.IV : Association symptomatologie dépressive et troubles de la coordination motrice

Référence	Définition groupe à l'étude : âge moyen, effectif	Symptomatologie explorée, outil, répondant	Résultats
Campbell et coll., 2012	TDC (probable TDC, DCDQ'07) : 10,9 ans, n = 159 Témoins appariés sur âge et sexe, n = 159	Dépression : <i>Behaviour Assessment System for Children</i> (BASC-2), enfant	Score total : moyenne \pm ET 8,5 \pm 7,9 vs 5,2 \pm 5,9 ; $p < 0,001$
Lingam et coll., 2012	TDC (probable TDC, < 15 ^e perc. ; 3 sous-tests dérivés de la MABC) : 9-10 ans, n = 346 DT : n = 5 254	Symptômes dépressifs : <i>Short Mood and Feelings Questionnaire</i> (SMFQ), enfant <i>Strengths and Difficulties Questionnaire</i> (SDQ), parent	Symptômes dépressifs : OR brut = 2,4 [1,6-3,6] OR ajusté = 1,3 [0,8-2,1] SDQ : OR brut = 4,7 [3,5-6,3] OR ajusté = 2,8 [1,9-4,1]
Missiuna et coll., 2014	TDC (< 15 ^e perc. MABC) : 11,6 ans, n = 68 DT : 11,9 ans, n = 91	Dépression : <i>Children's Depression Inventory</i> (CDI), enfant + parent	CDI Prévalence (CDI > 65, %) Répond. enfant : 11,8 % vs 2,2 % ; S Répond. parent : 9,1 % vs 2,2 % ; NS
Piek et coll., 2008	TDC (< 15 ^e perc., <i>McCarron Assessment of Neuromuscular Development</i>) : 4,3 ans, n = 40	Troubles émotionnels : <i>Emotion Recognition Scales</i> (ERS) <i>Child Behaviour Check List</i> (CBCL)	Scores anxiété/dépression plus élevés chez enfants à risque de TDC comparativement aux enfants non à risque Corrélation avec le score moteur : -0,402 ; $p < 0,05$
Fuhrmann et coll., 2014	Symptômes dépressifs (<i>Preschool Feelings Checklist</i>) : 6,2 ans, n = 37 Témoins : 6,2 ans, n = 616	Problèmes de développement moteur	67,6 % vs 43 % ; OR = 2,8 [1,4-5,6]

DT : enfant à développement typique ; ET : écart type ; NS : non significatif ; OR : odds ratio ; S : significatif ; TDC : trouble développemental de la coordination.

Pathologies médicales

Obésité, troubles cardio-vasculaires et trouble métabolique

Les liens entre TDC d'une part et obésité et surpoids, d'autre part, sont fréquemment retrouvés dans la littérature (Cairney et coll., 2005, 2010a et 2011a ; Wagner et coll., 2011 ; Zhu et coll., 2011 et 2014 ; Hendrix et coll., 2014). La revue systématique de Hendrix et coll. (2014) synthétise les résultats issus de 10 cohortes d'enfants ou d'adolescents âgés de 4 à 14 ans. Les troubles développementaux de la coordination sont un facteur de risque de surpoids ou d'obésité plus marqué chez les garçons⁴² (Cairney et coll., 2005 ; Wagner et coll., 2011 ; Zhu et coll., 2011 et 2014), persistant voire s'accroissant avec l'avance en âge (Cairney et coll., 2010a ; Li et coll., 2011), et augmentant avec la sévérité des troubles (Wagner et coll., 2011 ; Zhu et coll., 2011 et 2014). Il semble exister une association plus prononcée en présence de troubles de l'équilibre. Ainsi Zhu et coll. (2014) ont montré que, chez des enfants âgés de 9-10 ans, ceux présentant un TDC et des troubles de l'équilibre sont deux fois plus souvent obèses que leurs pairs à développement typique (OR = 2,3 ; IC 95 % [1,4-3,7]), mais également plus souvent obèses que les enfants présentant un TDC sans problème d'équilibre (OR = 1,8 ; IC 95 % [1,0-3,2]). Concernant la composition corporelle, des résultats comparables ont été retrouvés dans les deux séries canadiennes : les enfants présentant un TDC ont une masse grasse significativement augmentée en comparaison à leurs pairs, et qui tend à s'accroître avec la sévérité des troubles de la coordination motrice (Faught et coll., 2005 ; Cairney et coll., 2011a). Dans une version ultérieure de l'hypothèse du stress environnemental (*Elaborated Environmental Stress Hypothesis*), Cairney et coll. (2013) et Mancini et coll. (2016) insistent sur le lien entre TDC et inactivité physique avec une participation plus faible dans les activités sportives et ludiques. Le TDC est considéré comme une source de stress dans les multiples activités de la vie quotidienne d'un enfant qui accumule ainsi les expériences négatives. Se sentant souvent peu compétents quant à leurs aptitudes physiques, les enfants présentant un TDC semblent moins enclins à pratiquer une activité physique ou sportive que leurs pairs⁴³, ce qui les met dans une situation de plus grande vulnérabilité quant à un poids excessif.

La littérature atteste également de liens entre le TDC et les conséquences notamment cardiorespiratoires que les conditions de surpoids et d'obésité

42. Une étude rapporte un résultat discordant sur l'effet du sexe (Lifshitz et coll., 2014), mais les effectifs sont beaucoup trop faibles pour considérer ce résultat.

43. Pour plus de précisions, voir les chapitres « Impacts sur les activités quotidiennes, la participation et la qualité de vie » et « Les liens entre TDC et activités physiques ».

peuvent entraîner (Faught et coll., 2005 ; Cairney et coll., 2007, 2011b ; Chirico et coll., 2011, 2012). Les performances cardio-respiratoires et l'endurance semblent diminuées comparativement à leurs pairs (Cairney et coll., 2007 ; Wu et coll., 2010 et 2011) et l'écart observé semble persister sur un suivi de 2 ans (Cairney et coll., 2015). Il convient de souligner que ces derniers résultats, provenant d'une seule équipe sur un nombre limité d'enfants, sont à interpréter avec prudence.

Le pourcentage plus élevé d'obésité dans le TDC s'accompagne également d'un risque accru de développer un syndrome métabolique⁴⁴. L'étude de Wahi et coll. (2011) retrouve un syndrome métabolique chez 8 des 63 enfants présentant un TDC probable et chez 3 des 63 sujets contrôles avec un pourcentage 3 fois plus élevé d'obésité abdominale chez les sujets porteurs d'un TDC probable, ainsi qu'un taux de triglycérides et une tension artérielle supérieurs.

Les répercussions sont donc visibles sur deux plans : psychosocial avec la tendance à l'isolement et l'apparition de troubles internalisés ; physique avec les risques liés à la sédentarité comme l'obésité et les troubles cardio-vasculaires (Rivilis et coll., 2011 ; Hendrix et coll., 2014). La présence de ressources psychosociales et d'un support social de qualité pourrait dans ce modèle jouer un rôle de modérateur.

L'absence d'études sur des populations françaises rend toutefois difficile la généralisation de ces travaux réalisés pour l'essentiel en Amérique du Nord, en Australie et à Taiwan. En effet, le rapport au sport et à l'activité sportive n'est pas forcément le même dans les différents contextes et les conséquences en termes de surpoids et obésité peuvent ainsi varier.

Syndrome d'hypermobilité articulaire bénigne

Ce syndrome, appelé aussi syndrome d'Ehlers-Danlos, est une maladie rare avec anomalie du tissu conjonctif qui se caractérise par une hyperlaxité de différentes articulations. Kirby et coll. (2005) ont montré que les sujets avec syndrome d'hypermobilité articulaire bénigne (SHAB) et les sujets présentant un TDC partagent un certain nombre de difficultés dans différents domaines : motricité (vélo, ballon, ciseaux, habillage), apprentissages scolaires, relations sociales.

44. Le syndrome métabolique regroupe un ensemble de signes physiologiques qui accroissent le risque de survenue d'un diabète de type 2, de maladies cardiaques et d'AVC. Les signes sont une obésité abdominale accompagnée de deux critères parmi les suivants : hyperglycémie, taux élevé de triglycérides, faible taux de cholestérol HDL, et hypertension artérielle (Zimmet et coll., 2007).

La question de l'association entre ces troubles a été posée à plusieurs reprises, mais la qualité des études laisse parfois à désirer comme le montre la revue de Clark et Khattab (2012). Une étude réalisée par Adib et coll. (2005) sur une population de 125 patients avec un SHAB retrouve une association fréquente avec différents troubles moteurs : 48 % d'entre eux sont considérés comme maladroits par les parents, 36 % comme ayant des difficultés de coordination et 7 % ont un diagnostic de TDC. En sens inverse, Kirby et Davies (2007) recherchent les signes du SHAB sur une population de 27 enfants présentant un TDC comparés à 27 sujets à développement typique. Les résultats indiquent que 37 % des enfants porteurs d'un TDC présentent des symptômes du SHAB associés à des douleurs articulaires, contre seulement 7,4 % chez les sujets ordinaires. Ces résultats sont confirmés par Jelsma et coll. (2013) à l'aide du score d'hypermobilité de Beighton sur une population de 36 enfants présentant un TDC âgés de 7 à 10 ans comparés à 352 enfants ordinaires âgés de 3 à 16 ans : score de 5 sur 9 et 64 % d'hypermobilité chez les sujets présentant un TDC, contre 2,9 et 33 % pour le groupe contrôle. Les auteurs montrent de plus une corrélation négative entre le score de Beighton, notamment l'hyperextension des genoux, et le score total de dégradation à la MABC chez les sujets présentant un TDC. Ces éléments pourraient rendre compte des difficultés rencontrées dans le contrôle postural.

L'association TDC et SHAB comparée à un TDC isolé s'accompagne d'un ensemble de difficultés additionnelles : chutes plus fréquentes accompagnées de contusions, difficulté à maintenir une posture ou une position, douleurs au cours de l'écriture et articulaires, TDA/H plus fréquent, troubles de la déglutition, difficultés à produire un discours narratif, ainsi que de la constipation (Celletti et coll., 2015).

Autres troubles associés

Comme nous l'avons vu précédemment, les enfants présentant un TDC sont plus nombreux que leurs pairs à présenter une symptomatologie anxieuse. Or, celle-ci pourrait être associée à des troubles du sommeil. Barnett et Wiggs (2012) ont documenté l'existence et la nature des troubles du sommeil en comparant les données issues d'un questionnaire (*Children's Sleep Habits Questionnaire*) rempli par les parents de 16 garçons de 8-12 ans présentant un TDC et 16 témoins de même âge. Les résultats montrent que la quantité de sommeil est similaire dans les deux groupes. En revanche, la qualité du sommeil semble plus souvent altérée dans le groupe présentant un TDC avec significativement plus de résistance au moment du coucher, plus de parasomnies (agitation durant le sommeil notamment) et de somnolence diurne.

Les auteurs signalent les interactions possibles des troubles du sommeil avec le TDC et la nécessité de les prendre en compte sans toutefois proposer d'explication particulière. Ces résultats méritent d'être confirmés par d'autres études.

De façon plus anecdotique, le nombre de sujets porteurs d'un TDC ou TDC probable est plus élevé chez des enfants avec migraine sans aura que chez des sujets à développement typique (Esposito et coll., 2012).

S'agissant de l'épilepsie, il est difficile de parler de trouble associé au TDC dans la mesure où cette condition neurologique aux multiples étiologies entre dans les critères d'exclusion du DSM-5. L'étude de Reilly et coll. (2015) recherche cependant, à l'aide du *Developmental Coordination Disorder Questionnaire*, les symptômes de TDC au sein d'une population de 69 enfants avec épilepsie âgés de 5 ans 1 mois à 15 ans 9 mois. Pour le sous-groupe avec paralysie cérébrale, la presque totalité des enfants obtient des scores qui rentrent dans la catégorie à risque de TDC. Pour le sous-groupe sans paralysie cérébrale, 61 % des enfants rentrent dans la catégorie à risque. Il existe donc des troubles de la coordination secondaire chez les sujets présentant une épilepsie sans que l'on puisse pour autant parler de TDC.

Modèles de l'association des troubles

Déficit en attention, contrôle moteur et perception (DAMP)

Après avoir remis en cause l'individualisation du TDA/H au sein de ce que l'on appelait dysfonctionnement cérébral *a minima* (DCM) et dans l'optique de faire évoluer un concept abondamment critiqué, Gillberg et Rasmussen ont proposé dès le début des années 1980 l'appellation de déficit en attention, contrôle moteur et perception (DAMP) (Gillberg et coll., 1982 ; Gillberg et Rasmussen, 1982 ; Rasmussen et Gillberg, 2000 ; Gillberg, 2003 ; Gillberg et Kadesjö, 2009). Ces auteurs considèrent en effet que l'on minimise l'association fréquente du TDA/H et des troubles de la coordination. Ils cherchent alors à mettre au point des outils de dépistage dans le cadre d'une coopération entre neuropédiatres et psychiatres de l'enfant. Le diagnostic de DAMP est fait sur la présence concomitante d'un « dysfonctionnement perceptivo-moteur » ou d'un TDC et d'un trouble déficitaire de l'attention, sans que l'ensemble de la symptomatologie du TDA/H soit nécessairement présente. Landgren et coll. (2000) distinguent plusieurs degrés de sévérité dans le DAMP :

- sévère avec une atteinte des cinq domaines suivants, à savoir attention, motricité fine, motricité globale, perception et parole/langage ;
- modéré avec un trouble de l'attention accompagné d'une atteinte dans un à trois des autres domaines.

Le suivi de la cohorte initiale (Gillberg et coll., 1982) sur une durée de 15 ans montre que les sujets avec DAMP présentent, à l'âge de 22 ans, un risque plus élevé de personnalité antisociale, d'alcoolisme, d'infractions criminelles, de dyslexie et un plus faible niveau d'instruction que le groupe contrôle (Rasmussen et Gillberg, 2000).

Toutefois l'appellation reste limitée à quelques pays scandinaves, Danemark et Suède principalement, et fait l'objet de différentes critiques (Rydellius, 2000). Ainsi Sonuga-Barke (2003), tout en reconnaissant l'intérêt d'avoir mis l'accent sur l'association des troubles de la coordination et du TDA/H, estime que les conditions ne sont pas réunies pour adopter une nouvelle entité nosographique. Il faudrait en effet montrer, d'une part, que les troubles de la coordination retrouvés dans le TDA/H ont des caractéristiques singulières (spécificité) et, d'autre part, que l'association des deux troubles n'est pas une simple juxtaposition de leurs symptomatologies respectives mais qu'une aggravation nette est présente (caractère multiplicatif).

Développement cérébral atypique

Kaplan et coll. (1998) et Gilger et Kaplan (2001) font appel à la notion de développement cérébral atypique *Atypical Brain Development* pour rendre compte de ces phénomènes d'associations. Le caractère atypique repose sur les variations dans le développement du cerveau et des capacités qui en dépendent. Ces variations structurelles et fonctionnelles ne se limitent pas au seul dysfonctionnement mais seraient explicatives des modalités de fonctionnement inhabituelles. Un tel modèle s'appuie sur la constatation que, dans un trouble donné, les dysfonctionnements cérébraux ne sont pas localisés dans une seule région et que les informations fournies par les techniques d'imagerie cérébrale ne permettent pas de mettre en avant une zone plutôt qu'une autre, comme l'aire temporo-pariétale gauche dans la dyslexie ou le cortex préfrontal dans le TDA/H, puisque des anomalies sont également notées dans d'autres aires corticales et sous-corticales (Kaplan et coll., 1998). Le caractère statique d'un mauvais fonctionnement cérébral, comme dans la notion de dysfonctionnement cérébral *a minima*, est ainsi remplacé par un point de vue plus « dynamique » prenant en compte l'aspect développemental

et éventuellement transitoire de certaines manifestations. Un tel cadre général permettrait d'englober autant les forces que les faiblesses manifestées par l'individu dans différents domaines.

L'hypothèse du développement cérébral atypique peut être confortée par des auteurs comme Pettersson et coll. (2013), qui postulent l'existence d'un possible facteur génétique commun responsable des phénomènes de comorbidité ou de covariation. Ce facteur génétique commun influencerait le développement cérébral à divers moments clés et affecterait les processus normaux de croissance dans différentes régions responsables des apprentissages, des interactions sociales ou encore du contrôle comportemental.

Les hypothèses qui portent plus spécifiquement sur l'association entre troubles de la motricité et langage sont développées dans le chapitre suivant.

RÉFÉRENCES

- Adib N, Davies K, Grahame R, *et al.* Joint hypermobility syndrome in childhood. A not so benign multisystem disorder? *Rheumatology (Oxford)* 2005 ; 44 : 744-50.
- Anderson JC, Williams S, McGee R, *et al.* DSM-III disorders in preadolescent children: prevalence in a large sample from the general population. *Arch Gen Psychiatry* 1987 ; 44 : 69-76.
- Angold A, Costello EJ, Erkanli A. Comorbidity. *J Child Psychol Psychiatry* 1999 ; 40 : 57-87.
- Barnett AL, Wiggs L. Sleep behaviour in children with developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2012 ; 38 : 403-11.
- Biotteau M, Albaret JM, Lelong S, *et al.* Neuropsychological status of French children with developmental dyslexia and/or developmental coordination disorder: are both necessarily worse than one? *Child Neuropsychol* 2017 ; 23 : 422-41.
- Biotteau M, Chaix Y, Albaret JM. Procedural learning and automatization process in children with developmental coordination disorder and/or developmental dyslexia. *Hum Mov Sci* 2015 ; 43 : 78-89.
- Bouffard M, Watkinson EJ, Thompson LP, *et al.* A test of the activity deficit hypothesis with children with movement difficulties. *APAQ* 1996 ; 13 : 61-73.
- Cairney J, Hay J, Veldhuizen S, *et al.* Assessment of body composition using whole body air-displacement plethysmography in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 830-5.
- Cairney J, Hay J, Fought B, *et al.* Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children aged 9-14 y. *Int J Obesity (Lond)* 2005 ; 29 : 369-72.

Cairney J, Hay J, Veldhuizen S, *et al.* Trajectories of cardiorespiratory fitness in children with and without developmental coordination disorder: a longitudinal analysis. *Br J Sports Med* 2011 ; 45 : 1196-201.

Cairney J, Hay JA, Faught BE, *et al.* Developmental coordination disorder and cardiorespiratory fitness in children. *Pediatr Exerc Sci* 2007 ; 19 : 20-8.

Cairney J, Hay J, Veldhuizen S, *et al.* Trajectories of relative weight and waist circumference among children with and without developmental coordination disorder. *CMAJ* 2010 ; 182 : 1167-72.

Cairney J, Missiuna C, Timmons BW, *et al.* The coordination and activity tracking in children (CATCH) study: rationale and design. *BMC Public Health* 2015 ; 15 : 1266.

Cairney J, Rigoli D, Piek J. Developmental coordination disorder and internalizing problems in children: the environmental stress hypothesis elaborated. *Dev Rev* 2013 ; 33 : 224-38.

Cairney J, Veldhuizen S, Szatmari P. Motor coordination and emotional-behavioral problems in children. *Curr Op Psychiatry* 2010 ; 23 : 324-9.

Campbell WN, Missiuna C, Vaillancourt T. Peer victimization and depression in children with and without motor coordination difficulties. *Psychology in the Schools* 2012 ; 49 : 328-41.

Celletti C, Mari G, Ghibellini G, *et al.* Phenotypic variability in developmental coordination disorder: clustering of generalized joint hypermobility with attention deficit/hyperactivity disorder, atypical swallowing and narrative difficulties. *Am J Med Genet C Semin Med Genet* 2015 ; 169 : 117-22.

Chaix Y, Albaret JM, Brassard C, *et al.* Motor impairment in dyslexia: the influence of attention disorders. *Eur J Paediatr Neurol* 2007 ; 11 : 368-74.

Chirico D, O'Leary D, Cairney J, *et al.* Left ventricular structure and function in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 115-23.

Chirico D, O'Leary D, Cairney J, *et al.* Longitudinal assessment of left ventricular structure and function in adolescents with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2012 ; 33 : 717-25.

Clark CJ, Khattab AD. Association between joint hypermobility syndrome and developmental coordination disorder? A review. *J Sports Med Doping Studies* 2012 ; S4 : 1-6.

Clements SD. *Minimal brain dysfunction in children*. Washington, DC : US Department of Health, Education and Welfare, 1966.

Cornoldi C, Mammarella IC, Fine JG. *Nonverbal learning disabilities*. New York : Guilford Press, 2016.

Crichtley M. *La dyslexie vraie*. Toulouse : Privat, 1974.

Cruddace SA, Riddell PM. Attention processes in children with movement difficulties, reading difficulties or both. *J Abnorm Child Psychol* 2006 ; 34 : 675-83.

De Castelnau P, Albaret JM, Chaix Y, *et al.* Developmental coordination disorder pertains to a deficit in perceptuo-motor synchronization independent of attentional capacities. *Hum Mov Sci* 2007 ; 26 : 477-90.

Dewey D, Cantell M, Crawford SG. Motor and gestural performance in children with autism spectrum disorders, developmental coordination disorder, and/or attention deficit hyperactivity disorder. *J Int Neuropsychol Soc* 2007 ; 13 : 246-56.

Dewey D, Kaplan BJ, Crawford SG, *et al.* Developmental coordination disorder: associated problems in attention, learning, and psychosocial adjustment. *Hum Mov Sci* 2002, 21 : 905-18.

Dowell LR, Mahone EM, Mostofsky SH. Associations of postural knowledge and basic motor skill with dyspraxia in autism: implication for abnormalities in distributed connectivity and motor learning. *Neuropsychology* 2009 ; 23 : 563-70.

Dyck MJ, Piek JP, Patrick J. The validity of psychiatric diagnoses: the case of specific developmental disorders. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2704-13.

Ekorås B, Lundervold AJ, Tjus T, *et al.* Anxiety disorders in 8–11-year-old children: motor skill performance and self-perception of competence. *Scand J Psychol* 2010 ; 51 : 271-7.

Esposito M, Verrotti A, Gimigliano F, *et al.* Motor coordination impairment and migraine in children: a new comorbidity? *Eur J Pediatr* 2012 ; 171 : 1599-604.

Faught BE, Hay JA, Cairney J, *et al.* Increased risk for coronary vascular disease in children with developmental coordination disorder. *J Adolesc Health* 2005 ; 37 : 376-80.

Fawcett AJ, Nicolson RI. Performance of dyslexic children on cerebellar and cognitive tests. *J Mot Behav* 1999 ; 31 : 68-78.

Feinstein AR. The pre-therapeutic classification of co-morbidity in chronic disease. *J Chronic Dis* 1970 ; 23 : 455-68.

Fish B. Infant predictors of the longitudinal course of schizophrenic development. *Schizophr Bull* 1987 ; 13 : 395-409.

Fitzpatrick DA, Watkinson EJ. The lived experience of physical awkwardness: adults' retrospective views. *APAQ* 2003 ; 20 : 279-97.

Flapper BCT, Schoemaker MM. Developmental coordination disorder in children with specific language impairment: co-morbidity and impact on quality of life. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 756-63.

Fliers E, Rommelse N, Vermeulen SH, *et al.* Motor coordination problems in children and adolescents with ADHD rated by parents and teachers: effects of age and gender. *J Neural Transm* 2008 ; 115 : 211–20.

Freitag CM, Kleser C, Schneider M, *et al.* Quantitative assessment of neuromotor function in adolescents with high functioning autism and Asperger syndrome. *J Autism Dev Disord* 2007 ; 37 : 948-59.

Fuhrmann P, Equit M, Schmidt K, *et al.* Prevalence of depressive symptoms and associated developmental disorders in preschool children: a population-based study. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2014 ; 23 : 219-24.

Gagné J, Chevalier N, Boucher JP, *et al.* La motricité globale d'enfants présentant un trouble de l'attention avec hyperactivité. *ANAE* 2008 ; 20 : 81-90.

Gilger JW, Kaplan BJ. Atypical brain development: a conceptual framework for understanding developmental learning disabilities. *Dev Neuropsychol* 2001 ; 20 : 465-81.

Gillberg C. Deficits in attention, motor control, and perception: a brief review. *Arch Dis Child* 2003 ; 88 : 904-10.

Gillberg C, Kadesjö B. ADHD with Developmental coordination disorder. In : Brown TE, ed. *ADHD comorbidities: Handbook for ADHD complications in children and adults*. Arlington, VA : American Psychiatric Publishing, 2009 : 305-14.

Gillberg C, Rasmussen P. Perceptual, motor and attentional deficits in seven-year-old children: background factors. *Dev Med Child Neurol* 1982 ; 24 : 752-70.

Gillberg C, Rasmussen P, Carlström G, *et al.* Perceptual, motor and attentional deficits in six-year-old children, epidemiological aspects. *J Child Psychol Psychiatry* 1982 ; 23 : 131-44.

Gomez A, Piazza M, Jobert A, *et al.* Mathematical difficulties in developmental coordination disorder: symbolic and nonsymbolic number processing. *Res Dev Disabil* 2015 ; 43-44 : 167-78.

Gooch D, Hulme C, Nash HM, *et al.* Comorbidities in preschool children at family risk of dyslexia. *J Child Psychol Psychiatry* 2014 ; 55 : 237-46.

Goulardins JB, Marques JCB, Oliveira JA de. Attention deficit hyperactivity disorder and motor impairment: a critical review. *Percept Mot Skills* 2017 ; 124 : 425-40.

Green D, Baird G, Sugden D. A pilot study of psychopathology in developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2006 ; 32 : 741-50.

Green D, Charman T, Pickles A, *et al.* Impairment in movement skills of children with autistic spectrum disorders. *Dev Med Child Neurol* 2009 ; 51 : 311-6.

Gubbay SS, Ellis E, Walton JN, *et al.* Clumsy children: a study of apraxic and agnosic defects in 21 children. *Brain* 1965 ; 88 : 295-312.

Habib M. *La dyslexie à livre ouvert*. Marseille : Résodys, 2003.

Hellinckx T, Roeyers H, Van Waelvelde H. Predictors of handwriting in children with autism spectrum disorder. *Res Autism Spectr Disord* 2013 ; 7 : 176-86.

Hendrix CG, Prins MR, Dekkers H. Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children: a systematic review. *Obes Rev* 2014 ; 15 : 408-23.

Hill EL. Non-specific nature of specific language impairment: a review of the literature with regard to concomitant motor impairments. *Int J Lang Commun Disord* 2001 ; 36 : 149-71.

Hill EL, Brown D. Mood impairments in adults previously diagnosed with developmental coordination disorder. *J Ment Health* 2013 ; 22 : 334-40.

Hill LJB, Mushtaq F, O'Neill L, *et al.* The relationship between manual coordination and mental health. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2016 ; 25 : 283-95.

Inserm. *Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie: bilan des données scientifiques*. Collection *Expertise collective*. Paris : Éditions Inserm, 2007.

Iversen S, Berg K, Ellertsen B, *et al.* Motor coordination difficulties in a municipality group and in a clinical sample of poor readers. *Dyslexia* 2005 ; 11 : 217-31.

Iversen S, Knivsberg AM, Ellertsen B, *et al.* Motor coordination difficulties in 5-6-year-old children with severe behavioural and emotional problems. *Emot Behav Difficult* 2006 ; 11 : 169-85.

Jasmin E, Couture M, McKinley P, *et al.* Sensori-motor and daily living skills of preschool children with autism spectrum disorders. *J Autism Dev Disord* 2009 ; 39 : 231-41.

Jelsma LD, Geuze RH, Klerks MH, *et al.* The relationship between joint mobility and motor performance in children with and without the diagnosis of developmental coordination disorder. *BMC Pediatr* 2013 ; 13 : 35.

Jongmans MJ, Smits-Engelsman BCM, Schoemaker MM. Consequences of comorbidity of developmental coordination disorders and learning disabilities for severity and pattern of perceptual-motor dysfunction. *J Learn Disabil* 2003 ; 36 : 528-37.

Jover M, Ducrot S, Huau A, *et al.* Les troubles moteurs chez les enfants dyslexiques : revue de travaux et perspectives. *Enfance* 2013 ; (4) : 323-47.

Kadesjö B, Gillberg C. Attention deficits and clumsiness in Swedish 7-year-old children. *Dev Med Child Neurol* 1998 ; 40 : 796-804.

Kaiser ML, Albaret JM. Troubles moteurs chez les enfants présentant un trouble du déficit de l'attention et/ou hyperactivité (TDA/H). *ANAE* 2016 ; 28 : 79-84.

Kaiser ML, Schoemaker MM, Albaret JM, *et al.* What is the evidence of impaired motor skills and motor control among children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)? Systematic review of the literature. *Res Dev Disabil* 2015 ; 36C : 338-57.

Kaplan BJ, Crawford SG, Cantell M, *et al.* Comorbidity, co-occurrence, continuum: what's in a name? *Child Care Health Dev* 2006 ; 32 : 723-31.

Kaplan BJ, Crawford SG, Wilson BN, *et al.* Comorbidity of developmental coordination disorder and different types of reading disability. *J Int Neuropsychol Soc* 1997 ; 3 : 54.

Kaplan BJ, Dewey DM, Crawford SG, *et al.* The term comorbidity is of questionable value in reference to developmental disorders: Data and theory. *J Learn Disabil* 2001 ; 34 : 555-65.

Kaplan BJ, Wilson BN, Dewey D, *et al.* DCD may not be a discrete disorder. *Hum Mov Sci* 1998 ; 17 : 471-90.

Kaur M, M. Srinivasan S, N. Bhat A. Comparing motor performance, praxis, coordination, and interpersonal synchrony between children with and without autism spectrum disorder (ASD). *Res Dev Disabil* 2018 ; 72 : 79-95.

Kirby A, Davies R. Developmental coordination disorder and joint hypermobility syndrome – Overlapping disorders? Implications for research and clinical practice. *Child Care Health Dev* 2007 ; 33 : 513-9.

Kirby A, Davies R, Bryant A. Hypermobility syndrome and developmental coordination disorder: similarities and features. *Int J Ther Rehab* 2005 ; 12 : 431-7.

Kopp S, Beckung E, Gillberg C. Developmental coordination disorder and other motor control problems in girls with autism spectrum disorder and/or attention-deficit/hyperactivity disorder. *Res Dev Disabil* 2010 ; 31 : 350–61.

Krueger RF, Markon KE. Reinterpreting comorbidity: a model-based approach to understanding and classifying psychopathology. *Annu Rev Clin Psychol* 2006 ; 2 : 111-33.

Kushki A, Chau T, Anagnostou E. Handwriting difficulties in children with autism spectrum disorders: a scoping review. *J Autism Dev Disord* 2011 ; 41 : 1706-16.

Landgren M, Kjellman B, Gillberg C. Deficits in attention, motor control and perception (DAMP: a simplified school entry examination. *Acta Paediatr* 2000 ; 89 : 302-9.

Langevin LM, MacMaster FP, Crawford S, *et al.* Common white matter microstructure alterations in pediatric motor and attention disorders. *J Pediatr* 2014 ; 164 : 1157-64.

Langevin LM, MacMaster FP, Dewey D. Distinct patterns of cortical thinning in concurrent motor and attention disorders. *Dev Med Child Neurol* 2015 ; 57 : 257-64.

Lee IC, Chen YJ, Tsai CL. Kinematic performance of fine motor control in attention-deficit/hyperactivity disorder: the effects of comorbid developmental coordination disorder and core symptoms. *Pediatr Int* 2013 ; 55 : 24-9.

Li YC, Wu SK, Cairney J, *et al.* Motor coordination and health-related physical fitness of children with developmental coordination disorder: a three-year follow-up study. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2993-3002.

Lifshitz N, Raz-Silbiger S, Weintraub N, *et al.* Physical fitness and overweight in Israeli children with and without developmental coordination disorder: gender differences. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 2773-80.

Lilienfeld SO, Waldman ID, Israel AC. A critical examination of the use of the term and concept of comorbidity in psychopathology research. *Clin Psychol Sci Pract* 1994 ; 1 : 71-103.

Lingam R, Golding J, Jongmans MJ, *et al.* The association between developmental coordination disorder and other developmental traits. *Pediatrics* 2010 ; 126 : e1109-18.

Lingam R, Jongmans MJ, Ellis M, *et al.* Mental health difficulties in children with developmental coordination disorder. *Pediatrics* 2012 ; 129 : e882-91.

MacNeil LK, Mostofsky SH. Specificity of dyspraxia in children with autism. *Neuropsychology* 2012 ; 26 : 165-71.

- Mæland AF, Søvik N. Children with motor coordination problems and learning disabilities in reading, spelling, writing and arithmetic. *Eur J Spec Needs Educ* 1993 ; 8 : 81-98.
- Mammarella IC, Cornoldi C. An analysis of the criteria used to diagnose children with nonverbal learning disability (NLD). *Child Neuropsychol* 2014 ; 20 : 255-80.
- Mancini VO, Rigoli D, Heritage B, *et al.* The relationship between motor skills, perceived social support, and internalizing problems in a community adolescent sample. *Front Psychol* 2016 ; 7 : 543.
- Margari L, Buttiglione M, Craig F, *et al.* Neuropsychopathological comorbidities in learning disorders. *BMC Neurology* 2013 ; 13 : 198.
- Martin NC, Piek J, Baynam G, *et al.* An examination of the relationship between movement problems and four common developmental disorders. *Hum Mov Sci* 2010 ; 29 : 799-808.
- Martin NC, Piek JP, Hay D. DCD and ADHD: a genetic study of their shared aetiology. *Hum Mov Sci* 2006 ; 25 : 110-24.
- McLeod KR, Langevin LM, Goodyear BG, *et al.* Functional connectivity of neural motor networks is disrupted in children with developmental coordination disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuroimage Clinl* 2014 ; 4 : 566-75.
- Miller M, Chukoskie L, Zinni M, *et al.* Dyspraxia, motor function and visual-motor integration in autism. *Behav Brain Res* 2014 ; 269 : 95-102.
- Missiuna C. Childhood motor impairment is associated with male anxiety at 11 and 16 years. *Evid Based Ment Health* 2003 ; 6 : 18.
- Missiuna C, Cairney J, Pollock N, *et al.* Psychological distress in children developmental coordination disorder and attention-deficit hyperactivity disorder. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 1198-207.
- Miyahara M, Tsujii M, Hori M, *et al.* Brief report: motor incoordination in children with Asperger syndrome and learning disabilities. *J Autism Dev Disord* 1997 ; 27 : 595-603.
- Nicolson RI, Fawcett AJ. Procedural learning difficulties: reuniting the developmental disorders? *Trends Neurosci* 2007 ; 30 : 135-41.
- O'Hare A, Khalid S. The association of abnormal cerebellar function in children with developmental coordination disorder and reading difficulties. *Dyslexia* 2002 ; 8 : 234-48.
- Paquet A, Olliac B, Golse B, *et al.* Current knowledge on motor disorders in children with autism spectrum disorder (ASD). *Child Neuropsychol* 2016 ; 22 : 763-94.
- Pearsall-Jones JG, Piek JP, Levy F. Developmental coordination disorder and cerebral palsy: categories or a continuum? *Hum Mov Sci* 2010 ; 29 : 787-98.
- Pearsall-Jones JG, Piek JP, Rigoli D, *et al.* Motor disorder and anxious and depressive symptomatology: a monozygotic co-twin control approach. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1245-52.

- Pettersson E, Anckarsäter H, Gillberg C, *et al.* Different neurodevelopmental symptoms have a common genetic etiology. *J Child Psychol Psychiatry* 2013 ; 54 : 1356-65.
- Piek JP, Barrett NC, Allen LSR, *et al.* The relationship between bullying and self-worth in children with movement coordination problems. *Br J Educ Psychol* 2005 ; 75 : 453-63.
- Piek JP, Barrett NC, Smith LM, *et al.* Do motor skills in infancy and early childhood predict anxious and depressive symptomatology at school age? *Hum Mov Sci* 2010 ; 29 : 777-86.
- Piek JP, Bradbury GS, Elsley SC, *et al.* Motor coordination and social-emotional behavior in preschool-aged children. *Int J Disabil Dev Educ* 2008 ; 55 : 143-51.
- Piek JP, Rigoli D. Psychosocial and behavioural difficulties in children with developmental coordination disorder. In : Cairney J, ed. *Developmental coordination disorder and its consequences*. Toronto : University of Toronto Press, 2015 : 108-37.
- Piek JP, Rigoli D, Pearsall-Jones JG, *et al.* Depressive symptomatology in child and adolescent twins with attention-deficit hyperactivity disorder and/or developmental coordination disorder. *Twin Res Hum Genet* 2007 ; 10 : 587-96.
- Pieters S, De Block K, Scheiris J, *et al.* How common are motor problems in children with a developmental disorder: rule or exception? *Child Care Health Dev* 2012 ; 38 : 139-45.
- Pieters S, Desoete A, Roeyers H, *et al.* Behind mathematical learning disabilities: what about visual perception and motor skills? *Learn Individ Differ* 2012 ; 22 : 498-504.
- Pieters S, Desoete A, Van Waelvelde H, *et al.* Mathematical problems in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2012 ; 33 : 1128-35.
- Pieters S, Roeyers H, Rosseel Y, *et al.* Identifying subtypes among children with developmental coordination disorder and mathematical learning disabilities, using model-based clustering. *J Learn Disabil* 2013 ; 48 : 83-95.
- Pitcher TM, Piek JP, Barrett NC. Timing and force control in boys with attention deficit hyperactivity disorder: subtype differences and the effect of comorbid developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2002 ; 21 : 919-45.
- Pitcher TM, Piek JP, Hay DA. Fine and gross motor ability in males with ADHD. *Dev Med Child Neurol* 2003 ; 45 : 525-35.
- Pratt ML, Hill EL. Anxiety profiles in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1253-9.
- Provost B, Heimerl S, Lopez BR. Levels of gross and fine motor development in young children with autism spectrum disorder. *Phys Occup Ther Pediatr* 2007 ; 27 : 21-36.
- Ramus F, Pidgeon E, Frith U. The relationship between motor control and phonology in dyslexic children. *J Child Psychol Psychiatry* 2003 ; 44 : 712-22.
- Rasmussen P, Gillberg C. Natural outcome of ADHD with developmental coordination disorder at age 22 years: a controlled, longitudinal, community-based study. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2000 ; 39 : 1424-31.

Reiersen AM, Constantino JN, Todd RD. Co-occurrence of motor problems and autistic symptoms in attention-deficit/hyperactivity disorder. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2008 ; 47 : 662-72.

Reilly C, Atkinson P, Das KB, *et al.* Features of developmental coordination disorder in active childhood epilepsy: a population-based study. *Dev Med Child Neurol* 2015 ; 57 : 829-34.

Rigoli D, Piek JP, Kane R, *et al.* An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 1025-31.

Rinehart NJ, Tonge BJ, Ianssek R, *et al.* Gait function in newly diagnosed children with autism: cerebellar and basal ganglia related motor disorder. *Dev Med Child Neurol* 2006 ; 48 : 819-24.

Rivlis I, Hay J, Cairney J, *et al.* Physical activity and fitness in children with developmental coordination disorder: a systematic review. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 894-910.

Rosenbloom L. Definition and classification of cerebral palsy. Definition, classification, and the clinician. *Dev Med Child Neurol Suppl* 2007 ; 109 : 43.

Rosso IM, Bearden CE, Hollister JM, *et al.* Childhood neuromotor dysfunction in schizophrenia patients and their unaffected siblings: a prospective cohort study. *Schizophr Bull* 2000 ; 26 : 367-78.

Rourke BP. Syndrome of nonverbal learning disabilities: the final common pathway of white-matter disease/dysfunction? *Clin Neuropsychol* 1987 ; 1 : 209-34.

Rourke BP, ed. *Syndrome of nonverbal learning disabilities: neurodevelopmental manifestations*. New York : Guilford Press, 1995.

Rydelius PA. DAMP and MBD versus AD/HD and hyperkinetic disorders. *Acta Paediatr* 2000 ; 89 : 266-8.

Schiffman J, Mittal V, Kline E, *et al.* Childhood dyspraxia predicts adult-onset nonaffective – psychosis-spectrum disorder. *Dev Psychopathol* 2015 ; 27 : 1323-30.

Schoemaker MM, Kalverboer AF. Social and affective problems of children who are clumsy: how early do they begin? *APAQ* 1994 ; 11 : 130-40.

Schoemaker MM, Lingam R, Jongmans MJ, *et al.* Is severity of motor coordination difficulties related to co-morbidity in children at risk for developmental coordination disorders. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 3084-91.

Sigurdsson E. Are impaired childhood motor skills a risk factor for adolescent anxiety? Results from the 1958 UK birth cohort and the National child development study. *Am J Psychiatry* 2002 ; 159 : 1044-6.

Skinner RA, Piek JP. Psychosocial implications of poor motor coordination in children and adolescents. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 73-94.

Skirbekk B, Hansen BH, Oerbeck B, *et al.* Motor impairment in children with anxiety disorders. *Psychiatry Res* 2012 ; 198 : 135-9.

Smits-Engelsman BCM, Wilson PH, Westenberg Y, *et al.* Fine motor deficiencies in children with developmental coordination disorder and learning disabilities: an underlying open-loop control deficit. *Hum Mov Sci* 2003 ; 22 : 495-513.

Sonuga-Barke EJS. On the intersection between AD/HD and DCD: the DAMP hypothesis. *Child Adolesc Mental Health* 2003 ; 8 : 114-6.

Stephenson EA, Chesson RA. Always the guiding hand: parents' accounts of the long-term implications of developmental coordination disorder for their children and families. *Child Care Health Dev* 2008 ; 34 : 335-43.

Stich HL, Kramer A, Mikolajczyk RT. Clustering of developmental delays in Bavarian preschool children: a repeated cross-sectional survey over a period of 12 years. *BMC Pediatr* 2014 ; 14 : 18.

Stoodley CJ, Stein JF. A processing speed deficit in dyslexic adults? Evidence from a peg-moving task. *Neurosci Lett* 2006 ; 399 : 264-7.

Subramanian K, Brandenburg C, Orsati F, *et al.* Basal ganglia and autism. A translational perspective. *Autism Res* 2017 ; 10 : 1751-75.

Tervo RC, Azuma S, Fogas B, *et al.* Children with ADHD and motor dysfunction compared with children with ADHD only. *Dev Med Child Neurol* 2002 ; 44 : 383-90.

Tseng MH, Howe TH, Chuang IC, *et al.* Cooccurrence of problems in activity level, attention, psychosocial adjustment, reading and writing in children with developmental coordination disorder. *Int J Rehabil Res* 2007 ; 30 : 327-32.

Valderas JM, Starfield B, Sibbald B, *et al.* Defining comorbidity: Implications for understanding health and health services. *Ann Fam Med* 2009 ; 7 : 357-63.

Valtonen R, Ahonen T, Lyytinen P, *et al.* Co-occurrence of developmental delays in a screening study of 4-year-old Finnish children. *Dev Med Child Neurol* 2004 ; 46 : 436-43.

Vuijk PJ, Hartman E, Mombarg R, *et al.* Associations between academic and motor performance in a heterogeneous sample of children with learning disabilities. *J Learn Disabil* 2011 ; 44 : 276-82.

Wagner MO, Kastner J, Petermann F, *et al.* The impact of obesity on developmental coordination disorder in adolescence. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1970-6.

Wahi G, LeBlanc PJ, Hay JA, *et al.* Metabolic syndrome in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2785-9.

Waszczuk MA, Leonard HC, Hill EL, *et al.* Coordination difficulty and internalizing symptoms in adults: a twin/sibling study. *Psychiatry Res* 2016 ; 239 : 1-8.

Watemberg N, Waiserberg N, Zuk L, *et al.* Developmental coordination disorder in children with attention-deficit-hyperactivity disorder and physical therapy intervention. *Dev Med Child Neurol* 2007 ; 49 : 920-5.

Webster RI, Erdos C, Evans K, *et al.* The clinical spectrum of developmental language impairment in school-aged children: language, cognitive, and motor findings. *Pediatrics* 2006 ; 118 : e1541-9.

Weiner H. Dynamics of the organism: implications of recent biological thought for psychosomatic theory and research. *Psychosom Med* 1989 ; 51 : 608-35.

Westendorp M, Hartman E, Houwen S, *et al.* The relationship between gross motor skills and academic achievement in children with learning disabilities. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2773-9.

Williams J, Omizzolo C, Galea MP, *et al.* Motor imagery skills of children with attention deficit hyperactivity disorder and developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2013 ; 32 : 121-35.

Wu SK, Cairney J, Lin HH, *et al.* Pulmonary function in children with development coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1232-9.

Wu SK, Lin HH, Li YC, *et al.* Cardiopulmonary fitness and endurance in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2010 ; 31 : 345-9.

Zhu YC, Cairney J, Li YC, *et al.* High risk for obesity in children with a subtype of developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 1727-33.

Zhu YC, Wu SK, Cairney J. Obesity and motor coordination ability in Taiwanese children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 801-7.

Zimmet P, Alberti KGMM, Kaufman F, *et al.* The metabolic syndrome in children and adolescents. An IDF consensus report. *Pediatr Diabetes* 2007 ; 8 : 299-306.

4

Motricité et langage

La question du lien entre motricité et langage est posée depuis longtemps, les deux étant indissociables sur les plans fonctionnel et anatomique. Liepmann (1920) décrit le premier cas d'apraxie chez l'adulte et lui donne le nom d'asymbolie motrice. Il constate qu'il est plus souvent rapporté des apraxies en cas de lésion hémisphérique gauche qu'en cas de lésion hémisphérique droite. Il en déduit qu'il existe, comme cela a été montré par Broca (1865) pour le langage, une possible spécialisation hémisphérique gauche pour la fonction praxique. Il pourrait donc exister, au sein de l'hémisphère gauche, une zone commune au geste et au langage, représentée par l'aire de Broca. L'aire de Broca (Habib, 2014) serait ainsi impliquée dans la production et la compréhension du langage et dans la reconnaissance et la production de l'action. Sur le plan développemental, certaines théories suggèrent que le langage se serait développé à partir de gestes. En neuropsychologie cognitive, certains modèles des praxies gestuelles tels que celui de Rothi (1997) sont élaborés en analogie avec les modèles du langage. Et Dewaele et coll. (2015) montrent qu'il existe une relation entre TDC et dyslexie chez des enfants avec troubles d'apprentissage. Par ailleurs, la présence de troubles de la motricité dans les troubles neuro-développementaux (à l'époque ces troubles étaient désignés sous le terme de *Minimal Brain Dysfunction* ou Dysfonctionnement cérébral minime) avaient été décrits par Pretchl et Stemmer (1962), Touwen et Pretchl (1970) et Touwen (1973, 1985). Selon ces auteurs, la présence de ces signes témoignerait d'anomalies ou de lésions cérébrales minimales, c'est-à-dire non détectables à l'aide de l'imagerie cérébrale et ne pouvant faire l'objet d'un syndrome neurologique avéré. En revanche, la présence de ces signes, selon leur intensité et leur localisation, pourrait être un argument pour mener un diagnostic différentiel à la recherche d'une véritable lésion cérébrale de type vasculaire, inflammatoire ou tumorale.

Plus particulièrement, concernant le lien entre langage et geste ou entre langage et motricité, 2 types d'études ont été réalisés : certaines portent sur la fréquence des troubles de la motricité chez les enfants diagnostiqués comme ayant un trouble spécifique du langage oral (TSLO ou *Specific Language*

Impairment, SLI pour les Anglo-Saxons), d'autres sur la description des troubles du langage chez les enfants diagnostiqués TDC en comparaison avec les enfants diagnostiqués TSLO. Pour le premier type d'étude, majoritaire, plusieurs hypothèses explicatives coexistent. Ce chapitre présentera donc les premières études et les hypothèses associées, puis les études du second type. Seront finalement exposées les implications cliniques des résultats présentés.

Fréquence des troubles de la motricité chez les enfants avec un trouble du développement du langage

Les études analysées rapportent toutes des troubles de la motricité augmentés chez les personnes présentant un trouble du développement du langage comparativement à un groupe contrôle.

Selon ces études, les enfants avec TSLO présentent plus de maladresse et de lenteur dans les réponses motrices (Leonard, 1998) et des habiletés motrices, mesurées à l'aide la MABC, significativement plus faibles que celles d'un groupe d'enfants contrôles, appariés en âge (Hill, 1998). Trauner et coll. (2000) trouvent que 70 % des enfants avec TSLO présentent des troubles moteurs de type syncinésies, déficits moteurs, hyperréflexie. Albaret et De Castelneau (2009), rapportant les résultats de différentes études (Cermak et coll., 1986 ; Robinson, 1991 ; Hill, 1998 ; Hill et Bishop, 1998 ; Rintala et coll., 1998 ; Fernell et coll., 2002 ; Asikainen, 2005 ; Webster et coll., 2006, Visscher et coll., 2007 ; Cheng et coll., 2009), montrent que 30 à 90 % des enfants présentant un trouble de l'articulation, de la parole et du langage ont des performances inférieures au 15^e percentile à la MABC, soit plus d'un enfant sur 2. Cette association est montrée précocement par Gooch (2014) dans une étude portant sur 29 enfants avec troubles du langage entre 3,5 ans et 4,5 ans. Elle est aussi montrée sur une tranche d'âge plus large allant de 2 à 21 ans par Rechetnikov et Maitra (2009). Ces auteurs proposent une méta-analyse de la littérature qui porte sur les études publiées entre 1960 et 2006 sur des personnes âgées de 2 à 21 ans, répondant au diagnostic de trouble du langage, avec groupes contrôles, dont les performances motrices ont été évaluées à l'aide des tests moteurs standardisés ou non. Trois scores ont été calculés : un score d'erreur correspondant au nombre d'erreurs effectuées au cours du test, un score moteur correspondant au score obtenu au test et un score de temps correspondant au temps mis pour réaliser le test. Les résultats montrent que les enfants avec TSLO ont des troubles moteurs, relevés aux trois types de scores (score d'erreur, score moteur et score de temps) significativement plus importants que les enfants au développement typique. Bishop (2002) rapporte une étude montrant que les jumeaux avec

trouble du langage ont des performances plus faibles dans des épreuves motrices comme le déplacement de chevilles sur une tablette que les jumeaux sans trouble du langage. Après analyse génétique, l'auteur conclut que les facteurs de risque génétique pour développer un trouble du langage pourraient être responsables du trouble de la motricité.

Webster et coll. (2005) évaluent, à l'âge scolaire, les performances motrices de 43 enfants ayant été diagnostiqués avec un trouble du langage avant d'entrer à l'école. Plus de la moitié de ces enfants présentaient un trouble moteur. 12 % seulement étaient suivis en ergothérapie tandis que 69 % étaient suivis en orthophonie. Seulement 24 % des parents pensaient que leur enfant avait des difficultés motrices. Il semble donc que les troubles moteurs sont sous-estimés lorsqu'ils sont associés avec un trouble du langage.

Quant à l'association entre un trouble développemental du langage et un TDC diagnostiqué, Flapper et coll. (2013) trouvent que 32,3 % des 65 enfants présentant un TSLO avaient aussi un TDC. Par ailleurs, les enfants TSLO avec TDC avaient des scores plus faibles au questionnaire de qualité de vie rempli par les parents et les enseignants et un quotient intellectuel plus faible que les enfants TSLO sans TDC.

Modèles d'explication de l'association trouble de la motricité et trouble du langage

Une dépendance du développement du langage vis-à-vis du développement du système moteur ?

Selon une première hypothèse, le développement du langage dépend du développement du système moteur et donc un trouble du développement moteur a un impact sur le développement du langage.

Classiquement, les circuits neuraux supportant le langage et les actions sont représentés comme indépendants fonctionnellement. Cette conception a été remise en question avec les théories du langage comme celles de Gallese et Lakoff (2005) et de Meteyard et coll. (2012). Selon ces théories, le langage sémantique serait fondé sur les systèmes sensori-moteurs. La compréhension du langage et des actions nécessiterait donc une représentation interne des schémas moteurs associés au mot ou à la phrase. Et l'activation du système moteur serait nécessaire pour comprendre le sens du lexique d'action. Le déficit de représentation du mouvement, c'est-à-dire d'élaboration d'un modèle interne de l'action motrice (Adams et coll., 2014) pourrait ainsi être responsable d'un trouble de la compréhension du langage de l'action.

Ainsi Mirabella et coll. (2017) ont tenté de comprendre le rôle du système moteur dans le langage de l'action en comparant les performances d'enfants au développement typique (DT) avec celles d'enfants présentant un TDC dans des tâches de *go-no go* où l'enfant est sollicité pour faire le mouvement avec son bras ou sa jambe lorsque le verbe exprime une action concrète et ne pas faire le mouvement lorsque le verbe exprime une action abstraite. Les résultats montrent des temps de réaction différents entre les enfants DT et les enfants présentant un TDC. Le résultat est en faveur d'une anomalie du fonctionnement du système moteur chez les enfants présentant un TDC qui affecte le langage.

Au niveau structural, Pulvermüller et coll. (2005) montrent que les régions corticales hémisphériques gauches dédiées au langage et à la motricité sont connectées. Ainsi l'activation des régions motrices influence le développement des mots sémantiquement liés aux actions.

Le trouble du développement du langage n'intéresse pas que le langage ?

Selon une deuxième hypothèse, le trouble du développement du langage est en soi un trouble développemental qui n'affecte pas uniquement le langage mais aussi la motricité.

Hill (2001) propose une revue de la littérature portant sur l'étude de la prévalence de la comorbidité entre la présence d'un trouble du langage et des troubles de la motricité. L'auteur retrouve 28 études portant sur ce sujet. Les troubles de la motricité sont variés. Ils portent sur la motricité fine et/ou la motricité globale. Pour l'auteur, le TSLO ne se limite pas au langage, c'est un tableau clinique qui comporte un large éventail de troubles associant des troubles de l'attention, de la perception et de la motricité. Plusieurs auteurs (Diamond, 2000 ; Flöel et coll., 2003 ; Pulvermüller et coll., 2005 ; Wassenberg et coll., 2005) avancent l'hypothèse que le langage et la motricité sont liés car le langage fait partie des fonctions cognitives dites de haut niveau. Pour eux, lorsque le langage est touché, les fonctions motrices le sont également souvent. Pour appuyer cette hypothèse, Diamond (2000) rappelle que les troubles moteurs sont également présents dans d'autres pathologies développementales telles que la dyslexie, le trouble du spectre autistique et le trouble de l'attention.

Finlay et McPhilips (2013) ont comparé les performances motrices, à l'aide de la MABC-2, de trois groupes d'enfants, appariés en âge : un groupe répondant aux critères du TSLO, un groupe ayant des troubles du langage mais

ne relevant pas du diagnostic de TSLO et un groupe ayant un développement typique du langage. Les auteurs montrent que le groupe TSLO a des scores plus faibles et en concluent que le TSLO est un trouble développemental plus complexe qu'une seule altération du langage, qui intéresse plusieurs dimensions du développement dont la motricité et que les enfants TSLO nécessitent une large investigation ne portant pas uniquement sur le langage.

Un déficit cognitif commun sous-jacent ?

Enfin, plusieurs auteurs avancent l'explication d'un déficit cognitif commun sous-jacent pour expliquer la fréquence de l'association entre troubles du langage et de la motricité.

Webster et coll. (2006) envisagent un facteur étiologique commun à ces deux troubles, qui épargnerait certains aspects non verbaux de la cognition. Ils évaluent 11 enfants TSLO (10 ans) et 12 contrôles (9 ans 6 mois) avec la *Clinical Evaluation of Language Fundamentals-4* (CELF-4), le *Peabody Picture Vocabulary Test 3rd Edition* pour le langage, la MABC pour la motricité, et la *Wechsler Intelligence Scale for Children 4^e édition* (WISC-IV) pour les capacités intellectuelles. Les résultats indiquent des différences significatives entre les deux groupes pour la CELF-4, la MABC et l'indice « raisonnement perceptif » (cubes, identification de concepts, matrices) de la WISC-IV. Cependant, les résultats obtenus à cet indice de la WISC-IV et à ses sous-tests ne diffèrent pas significativement des normes publiées. De plus, la différence entre les résultats à cet indice et ceux à la CELF-4 est significative chez les sujets TSLO alors qu'elle ne l'est pas chez les sujets contrôles. Ces différents éléments vont, pour les auteurs, dans le sens de facteurs biologiques communs responsables des troubles des fonctions verbales et motrices épargnant certains aspects non verbaux. Il reste néanmoins hasardeux de proposer des mécanismes d'action sur la base de 23 sujets divisés en 2 groupes.

Deux hypothèses co-existent à propos d'un déficit cognitif commun.

Hypothèse du déficit procédural

Ulmann et Pierpont (2005) proposent une étiologie commune à la co-occurrence des troubles du langage et de la motricité appelée *Procedural Deficit Hypothesis* selon laquelle l'enfant ne pourrait apprendre et appliquer un ensemble de règles dans ces domaines. Cette incapacité serait la conséquence d'un développement anormal des structures cérébrales composant le système de mémoire procédurale (Albaret et De Castelnau, 2009) qui intervient dans l'apprentissage de nouvelles habiletés ou de « savoir-faire » et le contrôle

d'« habitudes » motrices et cognitives établies depuis longtemps et possédant un certain degré d'automatisation (marche, pratique d'un instrument de musique ou d'une activité sportive par exemple). Concernant le langage, la mémoire procédurale serait impliquée dans les différents aspects de la grammaire, dans les procédures gouvernant les régularités du lexique et dans les règles combinatoires de la phonologie.

Le système procédural peut être compensé par le système déclaratif (Ullman et Pierpont, 2005) caractérisé par un apprentissage explicite tandis que le système procédural est caractérisé par le recours à l'apprentissage implicite, une phase d'acquisition lente, un traitement séquentiel et une exécution automatique rapide. Les systèmes procédural et déclaratif interviennent de façon compétitive dans le traitement de l'information (Thomas, 2005 ; Ardila, 2015). Un déséquilibre entre les deux systèmes pourrait entraîner une surcompensation de l'un au détriment de l'autre et générer des effets indésirables. Cette hypothèse qui sous-tendrait le lien entre le langage et la motricité est reprise par d'autres auteurs (Bussy et coll., 2011 ; DiDonato Brumbach et Goffman, 2014). Mayor-Dubois et coll. (2014) et Magallon et coll. (2015) l'étendent également à d'autres troubles cognitifs développementaux tels que le trouble de la lecture ou le trouble de l'attention.

Sur le plan neuro-anatomique, le système procédural est constitué d'un réseau de structures cérébrales comprenant les ganglions de la base, le cortex frontal avec notamment l'aire de Broca et les régions prémotrices, le cortex pariétal, le cortex temporal supérieur et le cervelet. Deux boucles principales peuvent être identifiées : la boucle cortico-striatale qui intervient dans l'acquisition de séquences motrices et la boucle cortico-cérébelleuse impliquée lors de l'adaptation d'un savoir-faire à des conditions inédites.

Ces deux boucles, décomposées chacune en deux sous-circuits responsables du langage pour l'un et de la motricité pour l'autre, occupent une place centrale dans le modèle intégratif des troubles du développement proposé par Nicolson et Fawcett (2007). En effet, dans ce modèle, les troubles spécifiques reposeraient sur une atteinte du système d'apprentissage procédural alors que les troubles généralisés des apprentissages, à savoir les déficiences intellectuelles, dépendraient d'une atteinte du système d'apprentissage déclaratif. Ces auteurs relient les anomalies de la boucle cortico-striatale au TSLO et au TDC et celles de la boucle cortico-cérébelleuse aux dyslexies et au TDA/H de type inattention prédominante. Les auteurs indiquent toutefois que les délimitations des catégories diagnostiques utilisées dans le modèle peuvent être amenées à évoluer parce que reposant sur des aspects comportementaux alors que le modèle s'appuie sur des distinctions neuro-anatomiques. Néanmoins, aucun modèle n'a encore fait la preuve définitive de sa

pertinence et la poursuite des travaux de recherche est essentielle pour mieux comprendre ce qui sous-tend l'association des différents troubles.

Hypothèse du déficit de la mémoire de travail

Quelques travaux vont dans le sens d'un déficit de la mémoire de travail auditive commun aux sujets présentant un TDC et un TSLO qui pourrait expliquer leur fréquente association.

La mémoire à court-terme (verbale et visuo-spatiale) et la mémoire de travail (verbale et visuo-spatiale) ont été évaluées chez des enfants porteurs d'un TDC et chez des enfants présentant des difficultés d'apprentissage (Alloway et Temple, 2007), chez des enfants TSLO et TDC (Alloway et Archibald, 2008) et chez des enfants TSLO, TDC, avec trouble de l'attention et hyperactivité et avec syndrome d'Asperger (Alloway et coll., 2009). Les enfants présentant un TDC apparaissent touchés sur les 4 mesures de mémoire tandis que les enfants TSLO ne sont touchés que sur la mémoire auditive à court-terme et de travail. Leurs capacités en langage écrit et numération ont été également évaluées et les liens entre la mémoire et les apprentissages sont explicités.

Summer et coll. (2016) ont étudié le profil cognitif de 52 enfants présentant un TDC à l'aide de la WISC-IV. Les résultats étaient significativement plus faibles pour l'indice de mémoire de travail, composé de 2 épreuves de mémoire auditivo-verbale à court terme et de mémoire de travail auditivo-verbale. Ces auteurs montrent qu'un des déficits retrouvés chez les personnes présentant un TDC concerne l'indice de mémoire de travail auditivo-verbale qui est également un déficit marqueur des TSLO. Ces résultats sont néanmoins à nuancer au regard des limites des études portant sur la mémoire de travail qui seront détaillés dans le chapitre « La cognition dans le trouble développemental de la coordination (TDC) ».

Description des troubles du langage chez les enfants diagnostiqués TDC en comparaison avec les enfants diagnostiqués TSLO

Il est maintenant largement reconnu qu'il existe une grande hétérogénéité du profil cognitif des enfants présentant un TDC (Kaplan et coll., 1998 ; Visser, 2003 ; Piek et coll., 2004 ; Wilson, 2005). Sur le plan de la parole et du langage, Cermak et coll. (1986) ont montré que le TDC pouvait être associé à des problèmes articulatoires, et Fletcher-Flinn et coll. (1997), à un trouble du développement du langage. Cependant, le profil linguistique des

enfants présentant un TDC reste encore mal connu. Archibald et Alloway (2008) proposent une étude comparative du langage entre 2 groupes d'enfants présentant un TDC et un trouble spécifique du langage oral (TSLO) et un groupe d'enfants contrôles, au développement typique du langage, les trois groupes d'enfants étant appariés en âge. Les trois groupes d'enfants sont évalués à l'aide d'une batterie de tests de langage assez large, portant sur l'articulation, la répétition de non-mots et de phrases, le lexique, la sémantique, la syntaxe et l'organisation narrative, évaluée à l'aide d'une épreuve de rappel d'une histoire. Les enfants présentant un TSLO avaient au moins un score égal ou inférieur à 1,25 DS à au moins deux des trois tests suivants : *British Picture Vocabulary Scale*, 2nd edition (BPVS-II), (Dunn et coll., 1997) ; *Test for Reception of Grammar* (TROG), (Bishop, 1982) ; *Recalling sentences sub-tests of Clinical Evaluation of Language Fundamentals-UK3*, (Semel et coll., 1995). Les enfants présentant un TDC obtenaient un score au moins égal à 85 au BPVS-II, (Dunn et coll., 1997) et au TROG, (Bishop, 1982). Les résultats montraient que les enfants présentant un TDC avaient un trouble de l'expression du langage, caractérisé par un trouble de la répétition des non-mots, de la répétition de phrases et du rappel de l'histoire. Ces troubles étaient similaires à ceux des TSLO. Le groupe des TDC avait de meilleurs résultats que les TSLO en expression syntaxique et pourtant 36 % des TDC avaient des troubles dans ce domaine. Concernant l'articulation, les deux groupes TDC et TSLO avaient des performances moindres que les contrôles mais les TSLO articulaient avec plus de lenteur que les TDC. Les enfants présentant un TDC ont donc bien un risque de co-occurrence de troubles du langage en partie similaires à ceux des TSLO.

Vers une prise en charge plus globale des enfants présentant un TDC, un TSLO ou des troubles neuro-développementaux

Les résultats de ces différentes études sont en faveur d'une interconnexion entre le langage et la motricité et de la présence des troubles de la motricité dans de nombreuses pathologies neuro-développementales, ce qui n'est pas sans implications cliniques à la fois diagnostiques et thérapeutiques. Rechetnikov et Maitra (2009) indiquent par exemple que les thérapeutes de la motricité tels que les psychomotriciens et les ergothérapeutes devraient être plus largement impliqués dans la prise en charge, diagnostique et thérapeutique, des sujets présentant des troubles du langage. Notamment, l'évaluation des performances motrices chez un enfant présentant un trouble du langage apparaît nécessaire, de même que l'évaluation du langage chez un enfant présentant des troubles moteurs. En effet, si ces enfants ne sont pas reconnus

précocement dans leurs difficultés motrices, cela pourra avoir un impact, à plus ou moins long terme, dans leur vie personnelle, sociale et scolaire et plus tard professionnelle (Albaret et De Castelnau, 2009). Ainsi Gaines et Missiuna (2007) ont mené une étude sur le développement moteur de 40 enfants détectés dès les premières années, avant l'entrée en maternelle, comme ayant un retard de parole et du langage. Réévalués à la maternelle, entre 5 et 6 ans, 18 de ces enfants présentaient des troubles moteurs significatifs. 2/3 d'entre eux répondaient aux critères du TDC. Douze avaient des troubles persistants du langage et 9 d'entre eux présentaient des troubles de la coordination motrice associés. Les résultats de ces études plaident pour une prise en charge plus globale impliquant les thérapeutes de la motricité et du langage et invitent à développer des recherches dans le domaine de l'approche thérapeutique intégrative (Rechetnikov et Maitra, 2009).

RÉFÉRENCES

- Adams IL, Lust JM, Wilson PH, *et al.* Compromised motor control in children with DCD: a deficit in the internal model? A systematic review. *Neurosci Biobehav Rev* 2014 ; 47 : 225-44.
- Albaret JM, De Castelnau P. Place des troubles de la motricité dans les troubles spécifiques du langage oral. *Développements* 2009 ; 1 : 5-13.
- Alloway TP, Archibald L. Working memory and learning in children with developmental coordination disorder and specific language impairment. *J Learn Disabil* 2008 ; 41 : 251-62.
- Alloway TP, Rajendran G, Archibald LMD. Working memory in children with developmental disorders. *J Learn Disabil* 2009 ; 42 : 372-82.
- Alloway TP, Temple KJ. A comparison of working memory skills and learning in children with developmental coordination disorder and moderate learning difficulties. *Appl Cogn Psychol* 2007 ; 21 : 473-87.
- Archibald LM, Alloway TP. Comparing language profiles: children with specific language impairment and developmental coordination disorder. *Int J Lang Commun Disord* 2008 ; 43 : 165-80.
- Ardila A. A proposed neurological interpretation of language evolution. *Behav Neurol* 2015 ; 2015 : 872487.
- Asikainen M. Diagnosing specific language impairment. *Acta Universitatis Tampereensis 1113*. Tampere : Tampereen Yliopistopaino Oy-Juvenes Print, 2005.
- Bishop DV. Motor immaturity and specific speech and language impairment: evidence for a common genetic basis. *Am J Med Genet* 2002 ; 114 : 56-63.

Bishop DV. *TROG: test for reception of grammar*. Manchester : Department of Psychology, University of Manchester, 1982.

Broca P. Sur le siège de la faculté du langage articulé. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 1865 ; 6 : 377-93.

Bussy G, Marignier S, Lesca G, *et al.* Dyspraxie et dysphasie : l'hypothèse commune du trouble de l'apprentissage procédural, la dyspraxie. *ANAE* 2011 ; 23 : 31-5.

Cermak SA, Ward EA, Ward LM. The relationship between articulation disorders and motor coordination in children. *Am J Occup Ther* 1986 ; 40 : 546-50.

Cheng HC, Chen HY, Tsai CL, *et al.* Comorbidity of motor and language impairments in preschool children of Taiwan. *Res Dev Disabil* 2009 ; 30 : 1054-61.

Dewaele J, Bartolo A, Macchi L, *et al.* Relation entre dyspraxie gestuelle et dyslexie chez des enfants avec troubles des apprentissages. *Psychol Fr* 2015 ; 60 : 285-300.

Diamond A. Close interrelation of motor development and cognitive development and of the cerebellum and prefrontal cortex. *Child Dev* 2000 ; 71 : 44-56.

DiDonato Brumbach AC, Goffman L. Interaction of language processing and motor skill in children with specific language impairment. *J Speech Lang Hear Res* 2014 ; 57 : 158-71.

Dunn LM, Dunn LM. *Peabody picture vocabulary test* (3rd ed). Circle Pines, MN : American Guidance Service, 1997.

Fernell E, Norrelgen F, Bozkurt I, *et al.* Developmental profiles and auditory perception in 25 children attending special preschools for language-impaired children. *Acta Pædiatr* 2002 ; 91 : 1108-15.

Finlay JC, McPhillips M. Comorbid motor deficits in a clinical sample of children with specific language impairment. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 2533-42.

Flapper BC, Schoemaker MM. Developmental coordination disorder in children with specific language impairment: co-morbidity and impact on quality of life. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 756-63.

Fletcher-Flinn C, Elmes H, Strugnell D. Visual-perceptual and phonological factors in the acquisition of literacy among children with congenital developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 1997 ; 39 : 158-66.

Flöel A, Ellger T, Breitenstein C, *et al.* Language perception activates the hand motor cortex: implications for motor theories of speech perception. *Eur J Neurosci* 2003 ; 18 : 704-8.

Gaines R, Missiuna C. Early identification: are speech/language-impaired toddlers at increased risk for developmental coordination disorder? *Child Care Health Dev* 2007 ; 33 : 325-32.

Gallese V, Lakoff G. The brain's concepts: the role of the sensory-motor system in conceptual knowledge. *Cogn Neuropsychol* 2005 ; 22 : 455-79.

Gooch D. Comorbidities in preschool children at family risk of dyslexia. *J Child Psychol Psychiatry* 2014 ; 55 : 237-46.

Habib M. *La constellation des dys: bases neurologiques de l'apprentissage et de ses troubles* (1^{re} ed.). Paris : De Boeck-Solal, 2014.

Hill EL. A dyspraxic deficit in specific language impairment and developmental coordination disorder? Evidence from hand and arm movements. *Dev Med Child Neurol* 1998 ; 40 : 388-95.

Hill EL. Non-specific nature of specific language impairment: a review of the literature with regard to concomitant motor impairments. *Int J Lang Commun Disord* 2001 ; 36 : 149-71.

Hill EL, Bishop DVM. A reaching test reveals weak hand preference in specific language impairment and developmental coordination disorder. *Laterality* 1998 ; 3 : 295-310.

Kaplan BJ, Wilson BN, Dewey D, *et al.* DCD may not be a discrete disorder. *Hum Mov Sci* 1998 ; 17 : 471-90.

Leonard LB. *Children with specific language impairment*. Cambridge, MA : MIT Press, 1998.

Liepmann H. Apraxie. *Ergebnisse der Gesamten Medizin* 1920 ; 1 : 516-40.

Magallon S, Crespo-Eguilaz N, Narbona J. Procedural learning in children with developmental coordination, reading, and attention disorders. *J Child Neurol* 2015 ; 30 : 1496-506.

Mayor-Dubois C, Zesiger P, Van Der Linden M, *et al.* Nondeclarative learning in children with specific language impairment: predicting regularities in the visuo-motor, phonological, and cognitive domains. *Child Neuropsychol* 2014 ; 20 : 14-22.

Meteyard L, Cuadrado SR, Bahrami B, *et al.* Coming of age : a review of embodiment and the neuroscience of semantics. *Cortex* 2012 ; 48 : 788-804.

Mirabella G, Del Signore S, Lakens D, *et al.* Developmental coordination disorder affects the processing of action-related verbs. *Front Hum Neurosci* 2017 ; 10 : 661.

Nicolson RI, Fawcett AJ. Procedural learning difficulties : reuniting the developmental disorders? *Trends Neurosci* 2007 ; 30 : 135-41.

Piek JP, Dyck MJ, Nieman A, *et al.* The relationship between motor coordination, executive functioning and attention in school aged children. *Arch Clin Neuropsychol* 2004 ; 19 : 1063-76.

Pretchl HFR, Stemmer, CJ. The choreiform syndrome in children. *Dev Med Child Neurol* 1962 ; 4 : 119-27.

Pulvermüller F, Shtyrov Y, Ilmoniemi R. Brain signatures of meaning access in action word recognition. *J Cogn Neurosci* 2005 ; 17 : 884-92.

Rechetnikov RP, Maitra K. Motor impairments in children associated with impairments of speech or language: a meta-analytic review of research literature. *Am J Occup Ther* 2009 ; 63 : 255-63.

- Rintala P, Pienimäki K, Ahonen T, *et al.* The effects of a psychomotor training programme on motor skill development in children with developmental language disorders. *Hum Mov Sci* 1998 ; 17 : 721-37.
- Robinson RJ. Causes and associations of severe and persistent specific speech and language disorders in children. *Dev Med Child Neurol* 1991 ; 33 : 943-62.
- Rothi LJG, Ochipa C, Heilman KM. A cognitive neuropsychological model of limb praxis and apraxia. In : Rothi LJG, Heilman KM, eds. *Apraxia : the neuropsychology of action*. Hove, UK : Psychology Press, 1997 : 29-49.
- Semel E, Wiig EH, Secord WA. *Clinical evaluation of language fundamentals CELF-3* UK (3rd ed). San Antonio, TX : The Psychological Corporation, 1995.
- Semel E, Wiig EH, Secord WA. *Clinical evaluation of language fundamentals CELF-4* UK (4th ed). London, UK : The Psychological Corporation, 2006.
- Summer E, Pratt ML, Hill EL. Examining the cognitive profile of children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2016 ; 56 : 10-7.
- Thomas MSC. Characterising compensation. *Cortex* 2005 ; 41 : 434-42.
- Touwen BC. Minimal brain dysfunction, a panorama; a recommendation of the Public health council. *Ned Tijdschr Geneeskde* 1985 ; 129 : 982-3.
- Touwen BC, Kalverboer AF. Neurologic and behavioral assessment of children with minimal brain dysfunction. *Semin Psychiatry* 1973 ; 5 : 79-94.
- Touwen BC, Prechtl HF. *The neurological examination of the child with minor neurological dysfunction*. London, UK : William Heinemann Medical Books, 1970.
- Trauner D, Wulfeck B, Tallal P, *et al.* Neurological and MRI profiles of children with developmental language impairment. *Dev Med Child Neurol* 2000 ; 42 : 470-5.
- Ullman MT, Pierpont EI. Specific language impairment is not specific to language: the procedural deficit hypothesis. *Cortex* 2005 ; 41 : 399-433.
- Visscher C, Houwen S, Scherder EJ, *et al.* Motor profile of children with developmental speech and language disorders. *Pediatrics* 2007 ; 120 : e158-63.
- Visser J. Developmental coordination disorder: a review of research on subtypes and comorbidities. *Hum Mov Sci* 2003 ; 22 : 479-93.
- Wassenberg R, Feron FJ, Kessels AG, *et al.* Relation between cognitive and motor performance in 5- to 6-year-old children : results from a large-scale cross-sectional study. *Child Dev* 2005 ; 76 : 1092-103.
- Webster RI, Erdos C, Evans K, *et al.* The clinical spectrum of developmental language impairment in school-aged children: language, cognitive, and motor findings. *Pediatrics* 2006 ; 118 : e1541-9.
- Webster RI, Majnemer A, Platt RW, *et al.* Motor function at school age in children with a preschool diagnosis of developmental language impairment. *J Pediatr* 2005 ; 146 : 80-5.
- Wilson PH. Practitioner review: approaches to assessment and treatment of children with DCD, an evaluative review. *J Child Psychol Psychiatry* 2005 ; 46 : 806-23.

II

Impacts sur les activités,
la participation
et la qualité de vie

5

Impacts sur les activités quotidiennes, la participation et la qualité de vie

La participation et la qualité de vie sont des concepts clés pour comprendre et évaluer les impacts du TDC sur la vie des personnes atteintes. De plus, ces notions jouent un rôle important tant pour établir le diagnostic (particulièrement la participation pour le critère B du DSM) que pour apprécier la nature et l'intensité du handicap et être ainsi en mesure de juger de l'intérêt des interventions et/ou adaptations proposées mais aussi des compensations à mettre en place pour chacun (la participation sociale et la qualité de vie doivent être le but ultime de toute prise en charge). Dans ce chapitre, après une présentation théorique de ces deux notions puis du corpus de publications analysé, nous présenterons les principaux résultats apportés par cette littérature sur les impacts personnels et sociaux du TDC en les distinguant selon les activités et selon les âges. Nous mentionnerons également l'intérêt de la mesure de la participation pour repérer ces troubles avant de souligner un certain nombre de limites à prendre en compte dans les travaux analysés.

Notions préalables

La participation

La participation est habituellement définie comme l'implication de l'individu dans une situation de la vie réelle (CIF, 2001). Elle constitue le versant social du fonctionnement du sujet. À partir de la décennie 1970, le handicap est dissocié de la déficience, indépendamment de sa nature et de sa cause, donnant lieu au concept de « situation de handicap ». En 2001, l'OMS adopte la CIF (Classification internationale du fonctionnement) qui introduit les termes de fonctionnement, activités et participation sociale. Cette

classification analyse les situations de handicap selon quatre composants principaux :

- l'organisme (les structures anatomiques et les fonctions physiologiques qui sont plus ou moins déficientes) ;
- la participation (les activités accessibles ou inaccessibles, les actions qui peuvent être accomplies ou non) ;
- les facteurs environnementaux (ce que la société a prévu ou non pour faciliter l'intégration des personnes en situation de handicap) ;
- les facteurs personnels (les situations individuelles).

En 2012, il est apparu que, du fait des caractéristiques évolutives des opportunités, possibilités ou exigences sociales de participation en fonction des âges, il fallait développer une version de la CIF enfants-adolescents (CIF-EA : CIF pour l'enfance et l'adolescence). Plus l'enfant est jeune, plus les opportunités de participer sont susceptibles d'être définies par les parents, les dispensateurs de soins et les prestataires de services. Pour les enfants d'âge scolaire, les environnements de la vie quotidienne sont étroitement connectés à la maison et à l'école.

Les catégories de la CIF-EA peuvent être utilisées pour caractériser des situations individuelles, construire des échantillons pour la recherche, sélectionner les items à évaluer ou encore évaluer des interventions.

La participation est généralement évaluée à partir de questionnaires concernant les habitudes de vie de la personne dans son environnement et son degré de participation sociale. Ces questionnaires sont remplis de préférence avec la personne concernée mais une tierce personne peut les remplir complètement ou partiellement.

Les objectifs de ces questionnaires sont multiples, comportant des applications administratives et politiques (pouvoirs publics) – par exemple pour l'obtention de droits spécifiques en lien avec la reconnaissance du handicap – et cliniques. Concernant les aspects cliniques, on peut souligner une utilisation pour l'évaluation de l'impact du TDC dans la vie quotidienne ainsi que pour l'évaluation et le choix des interventions thérapeutiques et compensations.

La qualité de vie (QDV)

Le concept de qualité de vie est apparu dans les années 1960, « né de la conjonction d'une modification du pronostic des maladies, de la considération de l'autonomie des malades et d'un besoin d'évaluation médicale »

(Brousse et Boiseaubert, 2007). Elle tient compte des bénéfices ressentis par les patients, de leur vécu, de leurs besoins et de leurs désirs. C'est donc un concept subjectif qui n'a pas de contour strictement défini. D'après Haelewyck et Magerotte (2000), les dimensions de la qualité de vie qui sont le plus souvent citées concernent les relations sociales et les interactions, le bien-être psychologique et la satisfaction personnelle, l'emploi, l'autodétermination, l'autonomie et les choix personnels, la compétence personnelle, les habiletés de vie autonome et l'intégration communautaire.

En ce qui concerne la qualité de vie en situation de handicap on retrouve généralement quatre dimensions principales :

- physique : capacités physiques, habiletés, autonomie des gestes de la vie quotidienne ;
- psychologique : émotivité, anxiété, dépression, satisfaction personnelle ;
- somatique : symptômes, douleurs, sommeil, fatigue, etc. ;
- sociale : environnement familial, professionnel et amical, participation à des activités de loisirs, etc.

Ces aspects sont évalués par différents questionnaires (remplis par les parents, les enseignants et/ou les enfants eux-mêmes) dont les items ont été préalablement définis en fonction des objectifs poursuivis (décisionnels ou évaluatifs par rapport à des modalités de prise en charge).

Des conditions de vie objectivement identiques peuvent déterminer des ressentis très différents : la personne est la seule habilitée à juger de sa qualité de vie.

Cela a plusieurs implications pour l'analyse de la littérature. Ce ressenti est fortement dépendant du contexte de vie, de l'environnement social et culturel : les études issues de contextes socio-éducatifs différents doivent donc être interprétées avec un certain recul au regard du contexte français (habitudes de vie, projets de vie familiale, scolarité, etc.). Par ailleurs, le sexe de l'enfant est susceptible d'orienter certains items : le développement tant physique que psychosocial des filles ou des garçons est différent, tout comme les contraintes sociales qui s'appliquent sur les uns et les autres, influençant les représentations, les ressentis et donc les réponses. Ceci est à prendre en compte dans la mesure où beaucoup plus de garçons que de filles souffrent d'un TDC et que les questionnaires (et donc les résultats des études) tiennent peu compte de cette distinction de genre. Enfin, concernant les enfants, ce sont souvent les parents qui apprécient la qualité de vie de l'enfant. Ceci pose problème car des auteurs ont montré (Siméoni et coll., 1999) le peu de concordance entre les jugements émis par les enfants (atteints de maladies

chroniques ou en bonne santé) et ceux émis par les proches (parents, enseignants, voire médecin traitant).

Caractéristiques du corpus des publications

Ce chapitre se base sur l'analyse d'un corpus bibliographique composé de 45 articles⁴⁵. Son analyse montre que la participation et la QDV des personnes présentant un TDC sont devenues un sujet d'intérêt surtout à partir des années 2008-2010 (figure 5.1), probablement en lien avec les recommandations de la CIF (2001) et les délais habituels pour se saisir de nouveaux concepts. Les publications proviennent essentiellement de pays de culture anglo-saxonne et d'Israël. On notera (figure 5.2) qu'il n'y a aucune publication française, ce qui a son importance, puisque les notions de participation et de QDV sont très liées à l'environnement culturel, aux habitudes de vie et aux exigences scolaires selon les pays. Il conviendra donc de rester prudent sur la transposition des résultats dans le contexte français.

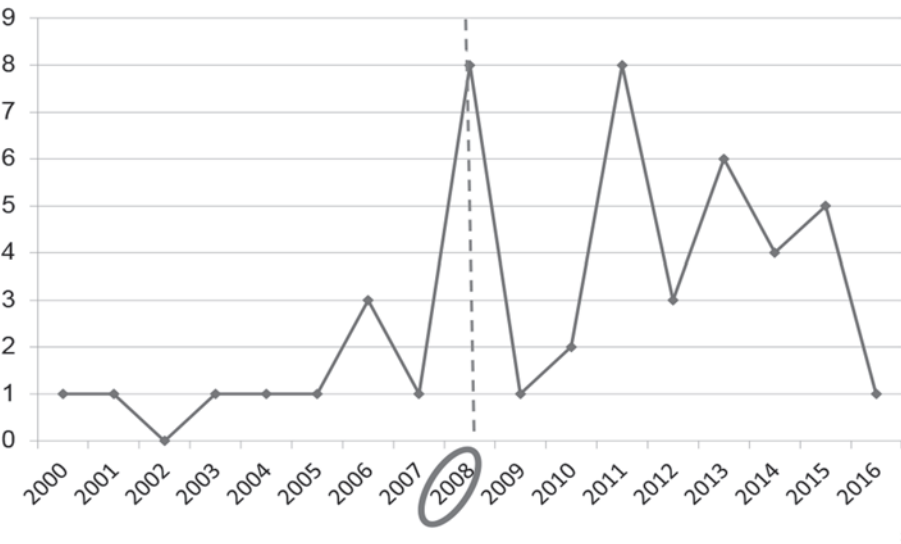


Figure 5.1 : Évolution du nombre de publications

45. Quatre autres ont été écartés. Un car le diagnostic de TDC n'était pas établi selon les critères reconnus (diagnostic établi par « un pédopsychiatre expérimenté », avec résultats attestés par un « physiothérapeute expérimenté »), trois autres car il s'agissait globalement de « retards moteurs » sans autre indication ou d'enfants avec paralysie cérébrales (PC) et/ou troubles des apprentissages.

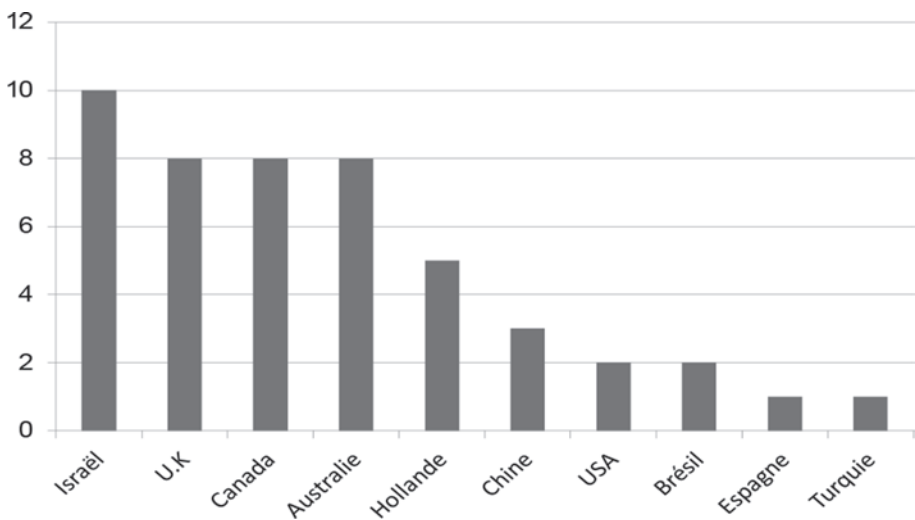


Figure 5.2 : Pays d'où sont issues les publications

L'essentiel des publications concerne les enfants d'âge scolaire (figure 5.3), de fin de maternelle (4-6 ans) et d'élémentaire (6-13 ans). Une étude est consacrée aux enfants d'âge préscolaire, avant 4 ans (Lau et coll., 2006). Quelques-unes s'intéressent aux jeunes adultes (Allan et Cope, 2004 ; Hill et coll., 2011 ; Kirby et coll., 2011 ; Tal-Saban et coll., 2014). Dans ces études, le sex ratio varie de 3 à 7 garçons pour une fille.



Figure 5.3 : Âges des populations étudiées

L'étendue de l'âge des populations analysées dans chaque étude est représentée par la longueur de chaque trait horizontal.

Sept publications sont des revues de la littérature (Magalhaes et coll., 2011 ; Dahan-Oliel et coll., 2012 ; Van der Linde et coll., 2013 ; Zwicker et coll., 2013 ; Kanagasabai et coll., 2014 ; Engel-Yeger, 2015 ; Gagnon-Roy et coll., 2016). Trois articles ont pour objectif de mettre au point ou valider des questionnaires de participation et QDV pour enfants, dans le but de permettre un repérage précoce (Josman et coll., 2010 ; Van der Linde et coll., 2014 ; Kennedy-Behr et coll., 2015). Toutes les autres études évaluent quelles sont les activités qui mettent les jeunes présentant un TDC en situation de handicap et quel est leur vécu dans diverses situations.

Pour ces articles le diagnostic de TDC est effectué à partir du score de dégradation au MABC (version 1 ou 2 selon les années, au 5^e et/ou au 15^e percentile selon les publications) et/ou selon les critères du DSM (4 ou 5 selon l'année de publication). Les sujets diagnostiqués TDC (ou « probables » TDC pour ceux évalués au 15^e percentile du MABC) sont comparés à une population-témoin (contrôle) appariée. Les critères d'exclusion « classiques » sont signalés et respectés (déficience intellectuelle, troubles neurologiques et psychiatriques) mais l'exclusion ou l'inclusion d'enfants présentant un TDA/H n'est souvent pas précisée, ce qui pose des problèmes d'interprétation des conclusions. Par ailleurs, l'absence de précisions sur d'éventuels troubles neurovisuels et visuospatiaux, troubles de l'attention, troubles des fonctions exécutives ou encore autres troubles des apprentissages des personnes recrutées pose question puisqu'elle ne permet pas d'évaluer les impacts de ces troubles susceptibles de faire partie du, ou d'être associé au, TDC sur la participation et la qualité de vie. Par exemple, les troubles neuro-visuels ou oculomoteurs et/ou troubles du regard et/ou troubles visuo-moteurs ne sont pas du tout pris en compte (sauf dans la publication concernant le permis de conduire, Kirby et coll., 2011). Pourtant plusieurs travaux de cliniciens (Chatriot et coll. 2010 ; Gaie et coll. 2014) montrent un lien fort entre les plaintes concernant la maladresse, les activités de vie quotidienne, le graphisme et la gêne scolaire d'une part et les troubles visuo-spatiaux d'autre part⁴⁶.

Il faut enfin souligner la très grande hétérogénéité des populations considérées, hétérogénéité notée par de nombreux auteurs eux-mêmes : « l'hétérogénéité des enfants avec TDC est attestée par la grande variabilité des performances au quotidien depuis l'échec à de nombreuses tâches jusqu'à des difficultés dans des tâches spécifiques » (Missiuna et coll., 2007). De même, Van Der Linde et coll. (2015) constatent que certains enfants ont des

46. L'étude de Chatriot et coll. (2010) porte sur une cohorte de 32 enfants présentant un TDC diagnostiqués au CRTLA du Kremlin-Bicêtre : 30 % ont un MAB-C < 15^e percentile. Mais 80 % ont des scores inférieurs à -1,5 DS dans les épreuves visuospatiales, 85 % présentent des troubles oculomoteurs et 80 % ont des problèmes scolaires, etc. (<http://reseautap.org/filemanager/files/troubles%20praxiques%20R%C3%A9seau%20TAP%2011%20mai%202010.pdf>).

difficultés dans toutes les activités de vie quotidienne, d'autres seulement dans le graphisme, ou dans les jeux de ballons seuls, ou bien uniquement pour utiliser une clé ou découper du papier avec des ciseaux etc. Or, ces importantes discordances inter-individuelles sont souvent lissées dans les conclusions, les résultats étant donnés pour l'ensemble de la cohorte étudiée. Cela souligne aussi l'importance du nombre et du choix des items dans le large panel de questionnaires proposés. Enfin, la proportion des enfants qui présentent un « retard » dans les apprentissages (*delay*, sans autre précision) varie de 0 à 100 % selon les publications, les critères d'inclusion et d'exclusion des enfants ou le type de questionnaire choisi.

Hormis les revues de la littérature, la plupart des autres publications s'appuient sur des questionnaires proposés aux parents, aux enfants et/ou aux enseignants et parfois sur l'analyse de tâches (jeux, activités) proposées aux enfants. Ces travaux comprennent toujours un groupe contrôle avec des enfants standards appariés en âge, sexe, QI et niveau socio-économique des parents. On note que douze articles n'interrogent que les parents. Notons deux publications qui proposent aussi à l'enseignant un questionnaire de participation et QDV à l'école (Dunford et coll., 2005 ; Wang et coll., 2009).

Les divers questionnaires proposés et retrouvés dans la littérature sur le TDC sont extrêmement variés⁴⁷. À noter que certains tests portant plus spécifiquement sur la motricité peuvent comporter des items sur les activités de la vie quotidienne comme le Buininks-Osertesky-2 (BOT-2) ou le *Test of Gross Motor Development* (TGMD).

Pour la participation, sont généralement distingués trois secteurs d'activité :

- les soins personnels (mobilité, hygiène, se nourrir et s'habiller, etc.) ;
- les activités pré-scolaires, scolaires, pré-professionnelles et professionnelles : écriture, travaux manuels, organisation du bureau, cantine, etc. ;
- les loisirs et jeux (jeux de ballon etc.).

Engel-Yeger (2015), au terme de sa revue de la littérature, recense 8 items fondamentaux concernant la participation : s'occuper de soi ; vivre à la maison ; mobilité ; échanges d'informations et vie sociale ; scolarité ; emploi, travail (scolaire pour les enfants) ; vie économique et vie civique.

Différents critères sont généralement pris en compte concernant la QDV : l'indépendance, le bien-être et le plaisir ou *a contrario* la déception, la frustration et l'empêchement.

47. Leur diversité est présentée dans le chapitre « Outils d'évaluation »

D'une façon générale, il est difficile, dans les articles de dissocier clairement participation et QDV. La plupart cherche à préciser la participation de l'enfant présentant un TDC dans les activités de la vie quotidienne en cernant les activités que l'enfant réalise (avec un certain flou entre ce qui relève de l'activité et ce qui relève de la participation au sens de la CIF) mais évalue aussi son degré de satisfaction (ou celui des parents) quant à la réalisation de cette activité. Si les deux termes – participation et QDV – sont théoriquement bien définis et répondent à des préoccupations différentes, les deux apparaissent ainsi intimement mêlés : la réalisation (activité, performance, participation) est intimement liée au degré de satisfaction ressenti par le sujet.

L'impact personnel et social du TDC selon les activités

Les enfants présentant un TDC apparaissent comme très conscients de leurs difficultés dans les tâches de la vie quotidienne (Engel-Yeger et Hanna, 2010 ; Dunford et coll., 2005).

Précisons dès maintenant que certaines activités revêtent pour les enfants présentant un TDC une importance particulière. Par exemple, faire du vélo, accéder à l'écriture cursive ou clavier, faire ses lacets (ou mettre sa combinaison de ski au Canada !). Leur réussite modifie l'insertion sociale, le regard des autres (pairs et adultes) et a un impact décisif sur la qualité de vie des jeunes. Mandich et coll. (2003) considèrent qu'il s'agit quasiment de « rites de passage ». Il est à noter que ces activités sont aussi celles qui sont le plus souvent choisies par les enfants dans le cadre des interventions CO-OP (*Cognitive Orientation to daily Occupational Performance*)⁴⁸.

Les publications montrent que les activités de la vie quotidienne au domicile (se brosser les dents, se coiffer, couper sa viande, se servir à boire, se moucher, se laver les mains, faire ses lacets, s'habiller, dessiner et écrire, etc.) sont impossibles ou difficiles, lentes et de médiocre efficacité pour les enfants présentant un TDC (Dunford et coll., 2005 ; Summers et coll., 2008 ; Wang et coll., 2009). Ces derniers se révèlent moins autonomes que les enfants au développement typique mais aussi que les enfants souffrant d'un autre trouble « dys » (Bart et coll., 2011). Ils demandent beaucoup plus d'attention, de soins et d'aide de la part de leurs parents que leurs pairs du même âge. Ils participent moins aux tâches familiales et cela est générateur de tensions et conflits (Wuang et coll., 2012). Les parents signalent tout de même qu'ils développent une meilleure autonomie (habillage, hygiène personnelle) aux alentours de 6-9 ans (Summers et coll., 2008). Pour les enfants, une meilleure

participation est généralement liée à une estime de soi supérieure (Engel-Yeger et Hanna, 2010).

Les parents sont globalement moins satisfaits de leur qualité de vie que ceux du groupe contrôle (Liberman et coll., 2013). Ils insistent sur la lenteur, pourtant mal repérée dans les différents questionnaires ou protocoles. Les parents développent souvent des stratégies « d'économie gestuelle » pour faciliter le quotidien (vêtements adaptés, faire à la place de l'enfant, éviter certaines activités). Par exemple les parents ne proposent pas d'activités manuelles (graphisme mis à part) ou aident l'enfant lors de l'habillage ou des repas, afin de limiter les conflits, les échecs, les retards et pour préserver une vie de famille satisfaisante (Van der Linde et coll., 2015)

L'efficacité scolaire (ou *school productivity*) est bien moindre que celle des contrôles, et corrélée à l'importance du trouble moteur (*via* les résultats au MABC). Les publications parlent de « retard » (*delay*) sans qu'aucune précision ne soit donnée sur les causes ou la nature de ses retards. De plus, on ne comprend pas clairement si ces problèmes d'apprentissage sont une conséquence directe et spécifiquement liée au TDC, ou au contraire proviennent d'un trouble associé. Dans la rubrique de la participation scolaire, les différentes publications signalent des difficultés concernant le sport et les habiletés physiques, des « difficultés » d'organisation (terme qui n'est jamais précisé⁴⁹) et une difficulté ou une lenteur pour achever les tâches scolaires (voir Magalhaes et coll., 2011 pour une revue), mais peu d'entre elles concerne les apprentissages proprement dits (langage écrit, nombre et calcul, etc.). Il est donc difficile de savoir s'il s'agit de difficultés scolaires directement liées aux troubles moteurs (lenteur, maladresse, graphisme) et/ou à d'autres troubles qui pourraient être considérés comme des comorbidités (troubles visuo-spatiaux, regards, attention, fonctions exécutives, etc.). En outre il y a un risque important de sous-estimation des troubles scolaires puisque la plupart des publications excluent les *learning disabilities* (sans préciser vraiment de quoi il s'agit), ou encore les élèves à « besoins éducatifs particuliers ».

En ce qui concerne plus précisément le graphisme manuel, Roseblum et Livneh-Zirinski (2014) concluent à une corrélation significative entre le profil de vitesse d'écriture des enfants et leurs piètres performances dans les activités de la vie quotidienne. Van der Linde et coll. (2015) rappellent que certains enfants diagnostiqués TDC ne présentent qu'un trouble isolé du graphisme, ce qui conforte la notion de grande hétérogénéité de cette population. Si beaucoup de parents (51 %) sont essentiellement préoccupés par

49. On ignore s'il s'agit de difficultés de type « organisation spatiale » (en lien avec des troubles des traitements spatiaux, par exemple) ou de type « planification » (plus en lien avec les fonctions exécutives).

la maladresse motrice, plus de 31 % le sont spécifiquement par le trouble du graphisme. C'est également une inquiétude importante pour plus de 79 % des enseignants (Dunford et coll., 2005). En effet, étant donné l'importance de l'écriture manuscrite dans notre société, aussi bien dans la réussite scolaire que professionnelle, les difficultés à réaliser cette activité peuvent avoir des conséquences personnelles et sociales importantes. Les conséquences à terme peuvent être une baisse d'intérêt pour les tâches scolaires, de l'anxiété, des comportements d'évitement, une dévalorisation, une perte de confiance en soi et même l'échec scolaire (Zesiger, 1995 ; Sigurdsson et coll., 2002 ; Caçola, 2016).

Enfin, les articles indiquent aussi que les enfants présentant un TDC font moins d'activités physiques, de jeux physiques et de sports que leurs pairs ; ils y sont moins compétents et ont beaucoup de retours négatifs (critiques, moqueries, échecs ; Smyth et Anderson, 2000). Ceci est corrélé à une moindre estime de soi et une moindre confiance en soi, mais aussi à moins d'occasions de contacts sociaux et de relations amicales (isolement) (Jarus et coll., 2011)⁵⁰.

La littérature atteste donc que les enfants présentant un TDC ont de faibles performances dans les activités de la vie quotidienne, notamment en contexte scolaire ainsi que dans les activités physiques et qu'il existe généralement, pour eux, une importante restriction dans les activités de la vie quotidienne associée à une limitation de participation dans les domaines de la vie scolaire, familiale et sociale, un isolement et une moindre qualité de vie : mauvaise estime de soi, piètre sentiment de compétence, sentiment de décevoir les parents, vécu de frustration, etc.

L'impact personnel et social du TDC selon les âges

Entre 4 et 6 ans (à la maternelle)

Les jeunes présentant un TDC ont beaucoup moins de plaisir à aller à l'école maternelle que leurs pairs. Ils se sentent plus en difficulté à l'école que les enfants contrôles alors que leurs parents surestiment beaucoup leur bien-être dans le contexte scolaire (Kennedy-Behr et coll., 2015).

Kennedy-Behr et coll. (2011) montrent que ces enfants s'engagent moins dans des jeux matures que leurs pairs (ils jouent à des jeux habituellement pratiqués par des plus jeunes), et qu'ils ont plus d'interactions négatives au

cours des jeux libres (récréations). Ils sont souvent sujets à des moqueries, à des rejets du groupe, et sont souvent agressés physiquement ou verbalement, mais ils se montrent également agressifs (Kennedy-Behr et coll., 2013). Ceci est important pour la construction de leur personnalité et leurs modalités relationnelles ultérieures. D'après les auteurs (Kennedy-Behr et coll., 2015), cela devrait inciter à travailler précocement avec ces enfants sur les interactions sociales et à les aider à affronter les autres.

Les auteurs mentionnent également que dès cet âge les enfants ont une grande conscience de leurs troubles, de leur intensité et de la norme (Dunford et coll., 2005). Leur perception de leurs troubles rejoint celle des enseignants pour les activités scolaires, et celle des parents pour les activités de la vie quotidienne à domicile.

A contrario, les parents et les enseignants minimisent les problèmes de leur enfant présentant un TDC en ce qui concerne les jeux et les loisirs (Dunford et coll., 2005) et les parents ont tendance à surestimer le bien-être des enfants à l'école maternelle. Or, « pour l'enfant TDC, les jeux à l'école ne sont pas des jeux : c'est un dur travail » (Kennedy-Behr et coll., 2015) !

Entre 6 et 13 ans (à l'école primaire)

À cet âge encore les enfants présentant un TDC se trouvent souvent seuls en récréation, ayant peu d'interaction avec les autres (Smyth et Anderson, 2000), moins bien intégrés dans les équipes de jeux (surtout les garçons) et en particulier les équipes de foot, et ce d'autant plus qu'ils sont plus âgés. On peut se demander si ce constat est en lien avec une exigence plus élevée des enfants envers eux-mêmes et leurs pairs avec l'âge avançant. Les enfants présentant un TDC préfèrent les jeux statiques, sédentaires, les jeux sociaux de règles et d'imagination (dans lesquels ils sont autant impliqués que les enfants standards ; Smyth et Anderson, 2000) et passent beaucoup de temps seuls. Dans cette étude, parmi les 10 enfants dont le score au MABC est inférieur au 5^e percentile, 9 passent près de 28 % du temps seuls (contre 8,7 % pour les enfants du groupe contrôle). Ils sont plus souvent spectateurs du jeu des autres (Watkinson et coll., 2001). Poulsen et coll. (2006) constatent la moindre participation et la moindre satisfaction des enfants présentant un TDC dans tous les loisirs physiques, structurés (équipes de foot, de baseball, de cricket, de basket, etc.) ou non (jeux de ballon informels, bricolages, etc.), en groupe ou seuls (gymnastique, trampoline, vélo, etc.). On regrette qu'aucune indication ne soit ici apportée selon le genre.

Poulsen et coll. (2006, 2007) montrent que la moindre participation, l'isolement, la moindre opportunité de relations amicales sont importantes quelle que soit l'intensité du trouble : ils ne retrouvent pas de différence significative selon la sévérité du trouble. Cette étude australienne utilise essentiellement le *students' life satisfaction scale* ; le *loneliness and social dissatisfaction questionnaire* et le *leisure diagnostic battery*. Au contraire, Wuang et coll. (2012) – utilisant le *Health Related Quality of Life* (HRQOL, Ravens-Sieberer et Bullinger, 1998) – concluent qu'à Taïwan, le degré de réduction de la qualité de vie, de l'estime de soi et des activités est relié à l'intensité du trouble moteur. Il est à noter que cette étude utilise le *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency* (BOT, seconde édition) pour poser le diagnostic de TDC et répartit les enfants présentant un TDC en 5 groupes en fonction des scores au BOT. Wang et coll. (2009) trouvaient déjà ce lien en fonction de l'importance du score de dégradation au MABC (au 5^e ou au 15^e percentile) mais uniquement en ce qui concerne les activités de motricité globale. Pour rendre compte de ces apparentes contradictions, on peut citer Zwicker et coll. (2013) qui concluent à l'issue de leur revue de la littérature : « des résultats différents dans les domaines physique, psychologique et social peuvent être reliés à de nombreux facteurs incluant : la présence ou l'absence de comorbidité, les âges considérés, le recrutement des groupes étudiées (clinique ou à partir de la population), les outils utilisés pour évaluer des domaines similaires, comment le TDC est défini et quel score-seuil est utilisé pour caractériser le trouble moteur ».

Outre le consensus sur les restrictions d'activité et la moindre satisfaction des enfants quant à leur qualité de vie, Zwicker et coll. (2013) soulignent le fait que de nombreuses publications font état d'un niveau élevé d'anxiété/dépression, significativement plus important chez les enfants présentant un TDC que chez leurs pairs standards. Les parents relient cela à la frustration, la mésestime de soi et les fréquentes sources d'insatisfaction.

Wuang et coll. (2012) notent un score très significatif d'anxiété chez les parents (*via* la passation de la BAI : *Beck Anxiety Inventory*), ce qui n'est pas le cas avec l'échelle de dépression (pas de différence notable avec les parents des contrôles).

Il est à noter que les difficultés des enfants présentant un TDC dans les activités physiques et sociales sont essentiellement reliées aux contextes de la vie scolaire (Raz-Silbiger et coll., 2015). En effet, en ce qui concerne les loisirs de week-ends et des vacances d'été, les jeunes présentant un TDC passent plus de temps que les enfants standards à des loisirs « non physiques » tels que le club de sciences, la chorale, l'orchestre, le théâtre, etc. « Il est possible que les parents des enfants présentant un TDC encouragent ces

activités pour protéger leurs enfants du ridicule, de la frustration et de l'embarras » (Jarus et coll., 2011). Ces « niches » de loisirs sont alors associées à un sentiment positif de compétence, d'estime de soi et de bien-être. Cela contribue à améliorer la perception des enfants présentant un TDC par leurs pairs et favorise leur intégration sociale. Engel-Yeger (2015) confirme que ces enfants peuvent faire l'expérience positive de leurs compétences et de leur efficacité quand ils réalisent des activités qui ne requièrent pas d'habiletés motrices, telles que la lecture, le shopping, etc. Smyth et Anderson (2000) remarquent que « s'il y a moins de demande d'activités physiques quand l'âge augmente, les jeunes devraient alors avoir une meilleure intégration sociale ».

Ces observations montrent à quel point c'est le contexte – plus que l'intensité du trouble – qui génère le handicap, ou au contraire permet de lever les obstacles liés à la déficience.

À l'adolescence

Rigoli et coll. (2012), étudiant une cohorte d'adolescents présentant un TDC (12-16 ans), mettent en évidence un lien entre diagnostic de TDC, anxiété, dépression et mauvaise image de soi. Ils attribuent ce lien à une cascade de difficultés et d'échecs conduisant ces jeunes à internaliser les incapacités secondaires à leur déficience motrice.

À l'âge adulte

Les difficultés persistent dans la vie quotidienne pour 30 à 70 % des personnes présentant un TDC⁵¹ (Cousins et Smyth, 2003 ; Kirby et coll., 2011). À l'âge adulte, celles-ci souffrent essentiellement d'une faible estime de soi et d'une faible participation sociale avec d'autres jeunes adultes (Hill et coll., 2011). Tal Saban et coll. (2014) constatent également que les jeunes adultes se sentent particulièrement désavantagés en ce qui concerne les contacts sociaux, et ce indépendamment de l'intensité de leur trouble moteur.

Pour cette tranche d'âge, la question du permis de conduire est particulièrement importante, puisque son acquisition est considérée comme un « rite de passage » de l'adolescence à l'âge adulte (indépendance par rapport à la famille, regard des pairs et des adultes, entrée dans le monde professionnel). L'importance culturelle du contexte est donc particulièrement importante.

51. La variabilité de ces chiffres, du simple à plus du double (!), interroge encore une fois l'hétérogénéité non maîtrisée de cette population.

Elle n'est abordée que dans une seule publication (Kirby et coll., 2011) qui constate que moins de 60 % des jeunes présentant un TDC ont appris à conduire (contre plus de 84 % de contrôles). Lorsqu'ils le font, ils mettent plus de temps pour passer le code et pour passer la conduite. Ils conservent des difficultés pour estimer les distances (4 fois plus que les contrôles) et pour se garer (6 fois plus que les contrôles). Ces difficultés sont corrélées à l'échec dans les tâches visuomotrices. Il semble que si la maladresse motrice s'améliore un peu avec l'âge, au contraire les troubles visuels évoluent peu. Enfin, ces jeunes sont particulièrement gênés s'il y a une pression temporelle ou s'ils sont en double tâche. Ils se différencient des TDA/H qui, eux, ont beaucoup d'excès de vitesse, d'accidents et de suspension de permis.

Missiuna et coll (2008) ont montré que les jeunes présentant un TDC (recrutés à l'université) peuvent développer des stratégies de résilience. Il peut s'agir :

- de retrait et d'évitement, en particulier en ce qui concerne les activités physiques, les sports, le travail d'usine, d'artisanat ou de main-d'œuvre ;
- de la recherche d'activités compatibles avec leurs capacités : musique, ordinateur, théâtre, arts, lecture, visites, jeux de société, regarder des spectacles sportifs, écriture, jeux vidéo, shopping, métiers sans exigences physiques qui leur permettent de se sentir compétent, etc.
- de l'utilisation systématique de l'humour pour détourner l'attention de leur maladresse, tournant leurs échecs en dérision, « si vous riez de la situation les autres rient avec vous, et non de vous ».

Dans l'ensemble, ces jeunes estiment tous (10 adultes de 19 à 25 ans) que la situation s'améliore à l'âge adulte car ils ont moins d'obligations d'activités physiques, la possibilité d'utiliser leur ordinateur lors des cours en fac, plus d'options dans le choix des disciplines et dans le choix des loisirs. Enfin les relations sociales s'améliorent car elles sont moins liées à la popularité d'une équipe sportive et plus liées à leur personnalité.

Ceci a des implications pour la prise en charge qui doit favoriser la participation sociale et mettre à jour les forces de l'individu, pour renforcer sa confiance en lui et améliorer sa qualité de vie.

Néanmoins, Hill et Brown (2013), qui ont étudié la santé mentale d'adultes antérieurement diagnostiqués TDC à l'aide d'une échelle de dépression⁵², révèlent que ces adultes sont significativement ($p < 0,001$) plus anxieux et

52. *Beck Depression and Spielberger Anxiety inventories*

– Beck AT, Steer R, Garbin M. Psychometric properties of the Beck Depression Inventory : 25 years of research. *Clin Psychol Rev* 1988 ; 8 : 77-100.

– Spielberger CD. *Manual for the state-trait anxiety inventory*. Palo Alto, CA, Palo Alto CA : Consulting Psychologists Press, 1983.

dépressifs que les contrôles appariés, y compris sur le critère de la faible activité physique. Les auteurs posent la question de savoir s'il s'agit là d'une comorbidité, d'un symptôme qui serait partie intégrante du TDC ou d'une conséquence de celui-ci. Dans ce dernier cas, ils soulignent que des actions appropriées de prévention devraient être proposées.

À noter enfin que la question des apprentissages professionnels et de l'emploi (choix, participation, qualité de vie au travail) n'est abordée par aucune des publications identifiées.

La participation aux activités de la vie quotidienne comme outil de repérage des TDC

Certains auteurs proposent d'utiliser la participation des enfants aux activités de la vie quotidienne comme outils de repérage d'un éventuel TDC. Par exemple Josman et coll. (2010) proposent une étude préliminaire à partir de trois épreuves (se faire un sandwich, un chocolat au lait et remplir un petit document en graphisme manuel). La performance de l'enfant est cotée de 1 (quasi-nulle) à 5 (excellente). La validité du test est attestée à la fois par la différence significative de performance à un autre test, le DO-EAT (Goffer, Josman, Rosenblum, 2009 et Josman et al., 2010), entre le groupe au développement typique et celui qui présente des difficultés dans les gestes de la vie quotidienne (questionnaire aux parents) et par une corrélation également significative avec les 8 mouvements du MABC (items de dextérité manuelle, de balles, d'équilibre statique et dynamique). Les auteurs concluent que, sous réserve de confirmation sur une plus large population, ce test écologique pourrait être utilisé pour un diagnostic précoce, aux alentours de 5-6 ans ^{1/2}. Notons qu'il recrute aussi des enfants présentant des troubles des fonctions exécutives (isolées ou associées au TDC).

D'autres auteurs, utilisant une échelle de jeu (*Activity of Daily Living in Physical Play*, ADL-PP), proposent de recueillir sur trois jours les activités ludiques pratiquées par les enfants : si un enfant ne prend pas part à 50 % ou plus des activités et jeux caractéristiques de son groupe d'âge et de son sexe, il y a alors interférence avec sa participation aux activités de la vie quotidienne et son intégration sociale ; cela justifierait une exploration médicalisée (Kennedy-Behr et coll., 2011). Par ailleurs, d'après Van der Linde et coll. (2013) le DCDDaily-Q 5-8 ans avec ses épreuves écologiques (couper du pain ouvrir et fermer une boîte, se servir à boire, etc.) pour une durée de passation d'environ 30 minutes, auraient une bonne corrélation avec la MABC-2 et seraient un excellent prédicteur de TDC.

Quelles spécificités pour les enfants présentant un TDC ?

La question se pose de savoir en quoi les difficultés constatées – restriction de participation dans les activités de vie quotidienne, la scolarité et les activités sociales et moindre satisfaction sur la qualité de vie –, sont spécifiques aux TDC ? On peut en effet se demander si elles ne seraient pas communes à l'ensemble des personnes en situation de handicap moteur. La littérature grise comporte quelques éléments significatifs à ce sujet.

Une enquête européenne concernant les enfants avec paralysie cérébrale⁵³ (PC ou IMC) s'intéresse à leur qualité de vie. Il est ici justifié de s'intéresser à la qualité de vie des enfants avec PC dans la mesure où le DSM classe le TDC dans les « troubles moteurs », de même que la CIM 10 (troubles du développement moteur). Enfin, en France, ces jeunes, s'ils doivent bénéficier de dispositifs spécialisés (ULIS-école ou ULIS-collège) sont orientés vers les dispositifs destinés aux jeunes handicapés moteurs (PC et autres). Dans cette étude, on note avec intérêt que les parents de jeunes avec PC signalent que, paradoxalement, « les enfants ayant une atteinte moins sévère de la fonction motrice [desquels les jeunes présentant un TDC peuvent être rapprochés] ont une plus basse qualité de vie à l'école et sont pénalisés dans le domaine de l'acceptation sociale ».

Notons aussi, au sein du rapport du Cnesco 2016, l'estimation de leur qualité de vie à l'école estimée par les enfants eux-mêmes (tous handicaps confondus). Sont relevés un concept de soi social plus négatif (que les enfants tout-venant), davantage de difficultés à initier et maintenir des interactions sociales positives et des difficultés à se faire des amis, plus de rejets par leurs pairs, un sentiment d'isolement, etc. Dans cette littérature récente et concernant le contexte français on retrouve les mêmes limitations et effets négatifs que ceux décrits par les jeunes présentant TDC. Les restrictions de participation et la moindre qualité de vie décrites chez les personnes présentant un TDC semblent donc partagées par des jeunes qui ont des difficultés motrices de différente nature. Cela serait cependant à confirmer par d'autres études, et en étendant les études à d'autres handicaps moteurs.

Principales limites de la littérature

La plupart des études ici analysées concernent des pays de culture anglo-saxonne. Or le contexte social et culturel est différent selon les pays. On note au Royaume-Uni, au Canada, en Australie, aux États-Unis et même en

Israël, l'importance des activités physiques et de la participation à des équipes sportives dans le contexte scolaire et extrascolaire, ce qui n'est pas le cas (ou beaucoup moins) en France. Cette nuance est importante dans la mesure où la plupart des études mentionnées s'intéressent aux activités physiques, aux comportements avec des observations dans les cours de récréation ou encore au sport, *via* des questionnaires. *A contrario*, en France, l'importance de l'écriture cursive est primordiale et ce dès l'âge de six ans (rite de passage de l'écriture « bâton » à l'écriture cursive en grande section de maternelle ou CP, considéré comme le passage au statut de « grand » ; importance constante de la qualité graphique dans le cursus scolaire et dans la perception de l'enfant par l'enseignant), ce qui n'est le cas dans aucun des pays qui sont à l'origine de ces publications.

Par ailleurs, les études portent plus souvent sur des garçons, les données sur les filles manquent. Or, puisque dans ces études, l'isolement social est lié aux problèmes de coordination motrice et aux jeux moteurs, on peut supposer que l'intégration sociale des filles (qui pratiquent plus des jeux de société et des jeux d'imagination) devrait être de meilleure qualité (Smyth et Anderson, 2000).

Le fait que certains questionnaires de qualité de vie s'adressent aux parents est également une limite, puisqu'il s'agit de sonder le vécu de l'enfant. D'ailleurs, une étude proposant le même questionnaire aux enfants, aux parents et à l'enseignant (Dunford et coll., 2005) montre d'importantes divergences d'opinions : par exemple, les enfants et les adultes partagent rarement les mêmes préoccupations en ce qui concerne les activités de vie quotidienne et les loisirs, problèmes souvent sous-estimés par les parents. Wuang et coll. (2012) précisent que si parents et enfants ont des perceptions proches concernant les activités, le fonctionnement « objectif » (c'est-à-dire le HRQOL), il n'en est pas de même en ce qui concerne les items psycho-sociaux, largement sous-estimés par les parents.

En outre, beaucoup d'études excluent de leur cohorte les jeunes porteurs de TDC qui présentent aussi des « besoins éducatifs spéciaux » et/ou « des troubles spécifiques des apprentissages ». D'où, une sous-estimation des problèmes scolaires qui ne sont pas pris en compte dans l'évaluation de l'exclusion sociale et dans la persistance des problèmes à l'âge adulte (*via* l'échec scolaire et les restrictions de choix professionnels etc.). On regrette donc que dans les études sur la participation et la qualité de vie, le « retard scolaire » semble être traité soit comme une comorbidité à exclure, soit comme une conséquence globale et peu spécifique (en lien avec la moindre estime de soi, l'isolement etc.). De même les troubles neurovisuels (et/ou spatiaux) ne sont signalés et pris en compte que dans la publication dédiée à la conduite

automobile. Aucun lien n'est fait avec les apprentissages scolaires dont on sait pourtant qu'ils sollicitent énormément ces fonctions spatiales. Paradoxalement, l'essentiel de la littérature concerne l'évaluation du déficit de participation et de la QVD dans le contexte de la vie scolaire. Cela est bien sûr capital, puisque l'école est le contexte obligé de la vie de l'enfant (de 3-16 ans, voire plus), 6 h par jour et 4 jours $\frac{1}{2}$ par semaine.

La rareté des publications sur la participation/la qualité de vie après intervention (rééducation, aménagements, etc.) est également regrettable. Notons celle de Çaçola et coll. (2016) qui compare l'impact de deux programmes d'intervention sur la QDV de jeunes présentant un TDC : le protocole A est centré sur diverses tâches motrices ; dans le programme B, l'enfant choisit les habiletés qu'il veut entraîner. Dans les deux cas, à la fin du programme les jeunes étaient capables de réaliser les tâches entraînées, mais les enfants du programme A manifestaient peu de satisfaction et faisaient preuve d'un plus haut niveau d'anxiété, contrairement à ceux du programme B. Cela indique que l'évaluation des interventions auprès de ces jeunes ne devrait pas seulement prendre en compte la (ou les) performance(s) atteinte(s), mais également leur impact sur la QDV des jeunes.

Enfin, rappelons que la période adulte n'est pas abordée dans ce corpus de publications en termes de vie familiale et d'emploi, probablement car dans un premier temps l'essentiel des recherches s'est centré sur le repérage précoce, le diagnostic, les interventions thérapeutiques chez les petits, puis chez les enfants d'âge scolaire (figure 5.3). Cependant, ces enfants diagnostiqués TDC ont grandi, et des études longitudinales seraient très utiles pour comprendre l'évolution de ces jeunes, repérer les éléments déterminants dans leur parcours, orienter les actions thérapeutiques, connaître leur devenir à long terme.

RÉFÉRENCES

- Allan J, Cope P. If you can: inclusion in music making. *Int J Inclusive Educ* 2004 ; 8 : 23-36.
- Bart O, Jarus T, Erez Y, *et al.* How do young children with DCD participate and enjoy daily activities. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1317-22.
- Brousse C, Boiseaubert B. La qualité de vie et ses mesures. *Rev Med Interne* 2007 ; 28 : 458-62.
- Çaçola P. Physical and mental health of children with developmental coordination disorder. *Front Public Health* 2016 ; 4 : 224.

Caçola P, Romero M, Ibane M, *et al.* Effects of two distinct group motor skill interventions in psychological and motor skills of children with developmental coordination disorder: a pilot study. *Disabil Health J* 2016 ; 9 : 172-8.

Cousins M, Smyth M. Developmental coordination impairments in adulthood. *Hum Mov Sci* 2003 ; 22 : 433-59.

Dahan-Oliel N, Shikako-Thomas K, Majnemer A. Quality of life and leisure participation in children with neurodevelopmental disabilities : a thematic analysis of the literature. *Qual Life Res* 2012 ; 21 : 427-39.

Dunford C, Missiuna C, Street E, *et al.* Children's perceptions of the impact of developmental coordination disorder on activities of daily living. *Br J Occup Ther* 2005 ; 68 : 207-14.

Engel-Yeger B, Hanna KA. The relationship between developmental co-ordination disorders, child's perceived self-efficacy and preference to participate in daily activities. *Child Care Health Dev* 2010 ; 36 : 670-7.

Engel-Yeger B. Developmental coordination disorder and participation. In : Cairney J, ed. *Developmental coordination disorder and its consequences*. Toronto, ON : University of Toronto Press, 2015 : 33-61.

Gagnon-Roy M, Jasmine E, Camden S. Social participation of teenagers and young adults with developmental co-ordination disorder and strategies that could help them: results for a scoping revue. *Child Care Health Dev* 2016 ; 42 : 840-51.

Geuze RH, Jongmans M, Schoemaker M, *et al.* Developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 7-47.

Goffer A, Josman N, Rosenblum S. *Do-eat: performance-based assessment tool for children*. Haifa, Israel : University of Haifa, 2009.

Haelewyck MC, Magerotte G. Dis-moi ce que tu fais, où, quand, comment et avec qui : je te dirai comment tu vis. In : *Qualité de vie pour les personnes présentant un handicap. Perspectives internationales*. Bruxelles : De Boeck, 2000 : 307-38.

Hill EL, Brown D, Sophia Sorgardt K. A preliminary investigation of quality of life satisfaction reports in emerging adults with and without developmental coordination disorder. *J Adult Dev* 2011 ; 18 : 130-4.

Hill EL, Brown D. Mood impairments in adults previously diagnosed with developmental coordination disorder. *J Ment Health* 2013 ; 22 : 334-40.

Jarus T, Lourie-Gelberg Y, Engel-Yeger B, *et al.* Participation patterns of school-aged children with and without DCD. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1323-31.

Josman N, Goffer A, Rosenblum S. Development and standardization of a do-eat activity of daily living performance test for children. *Am J Occup Ther* 2010 ; 64 : 47-58.

Kanagasabai PS, Mulligan H, Mirfin-Veitch B, *et al.* Association between motor functioning and leisure participation of children with physical disability : an integrative review. *Dev Med Child Neurol* 2014 ; 56 : 1147-62.

Kennedy-Behr A, Rodgers S, Mickan S. Physical and social play of preschool children with and without coordination difficulties: preliminary findings. *Br J Occup Ther* 2011 ; 74 : 348-54.

Kennedy-Behr A, Wilson BN, Rodger S, *et al.* Cross-cultural adaptation of the developmental coordination disorder questionnaire 2007 for German-speaking countries: DCDQ-G. *Neuropediatrics* 2013 ; 44 : 245-51.

Kennedy-Behr A, Rodger S, Mickan S. Play or hard work: unpacking well-being at preschool. *Res Dev Disabil* 2015 ; 38 : 30-8.

Kirby A, Sugden D, Edwards L. Driving behaviour in young adults with developmental coordination disorder. *J Adult Dev* 2011 ; 18 : 122-9

Lau KM, Chow S, Lo S. Parents' perception of the quality of of preschool children at risk or having developmental disabilities. *Qual Life Res* 2006 ; 15 : 1133-41.

Law M, Baptiste S, Carswell A, McColl MA, Polatajko H, Pollock N. *Canadian occupational performance measure* (4th ed). Ottawa, ON : CAOT Publications ACE, 2005.

Liberman L, Ratzon N, Bart O. The profile of performance skills and emotional factors in the context of participation among young children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 87-94.

Magalhaes LC, Cardoso AA, Missiuna C. Activities and participation in children with developmental coordination disorder: a systematic review (English). *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1309-16.

Mandich AD, Polatajko HJ, Rodger S. Rites of passage: understanding participation of children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2003 ; 22 : 583-95.

Missiuna C, Moll S, King S, *et al.* A trajectory of troubles: parents' impressions of the impact of developmental coordination disorder. *Phys Occup Ther Pediatr* 2007 ; 27 : 81-101.

Missiuna C, Moll S, King G, *et al.* Life experiences of young adults who have coordination difficulties. *Can J Occup Ther* 2008 ; 75 : 157-66.

Poulsen AA, Ziviani JM, Cuskelly M. General self-concept and life satisfaction for boys with differing levels of physical coordination : the role of goal orientations and leisure participation. *Hum Mov Sci* 2006 ; 25 : 839-60.

Poulsen AA, Ziviani JM, Cuskelly M. Perceived freedom in leisure and physical co-ordination ability: impact on out-of-school activity participation and life satisfaction. *Child Care Health Dev* 2007 ; 33 : 432-40.

Ravens-Sieberer U, Bullinger M. Assessing health-related quality of life in chronically ill children with the German KINDL: first psychometric and content analytical results. *Qual Life Res* 1998 ; 7 : 399-407.

Raz-Silbiger S, Lifshitz N, Katz N, *et al.* Relationship between motor skills, participation in leisure activities and quality of life of children with developmental coordination disorder : temporal aspects. *Res Dev Disabil* 2015 ; 38 : 171-80.

- Rigoli D, Piek JP, Kane R. Motor coordination and psychosocial correlates in a normative adolescent sample. *Pediatrics* 2012 ; 129 : 892-900.
- Rosenblum S, Livneh-Zirinski M. Do relationships exist between brain-hand language and daily function characteristics of children with a hidden disability? *Smart Innovation Systems and Technologies* 2014 ; 26 : 269-81.
- Sigurdsson E, Van Os J, Fombonne E. Are impaired childhood motor skills a risk-factor for adolescent anxiety? Results from the 1958 U.K. birth cohort and the National child development Study. *Am J Psychiatry* 2002 ; 159 : 1044-6.
- Simeoni MC, Auquier P, Delarozière JC, *et al.* Évaluation de la qualité de vie chez l'enfant et l'adolescent. *Presse Med* 1999 ; 8 : 1033-9.
- Smyth MM, Anderson HI. Coping with clumsiness in the school playground: social and physical play in children with coordination impairments. *Br J Dev Psychol* 2000 ; 18 : 389-413.
- Summers J, Larkin D, Dewey D. Activities of daily living in children with developmental coordination disorder: dressing, personal hygiene, and eating skills. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 215-29.
- Tal-Saban M, Ornoy A, Parush S. Young adults with developmental coordination disorder : a longitudinal study. *Am J Occup Ther* 2014 ; 68 : 307-16.
- Van der Linde BW, Van Netten JJ, Otten E, *et al.* A systematic review of instruments for assessment of capacity in activities of daily living in children with developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2013 ; 41 : 23-34.
- Van der Linde BW, Van Netten JJ, Otten BE, *et al.* Psychometric properties of the DCDDaily-Q : a new parental questionnaire on children's performance in activities of daily living. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 1711-9.
- Van Der Linde BW, Van Netten JJ, Otten B, *et al.* Activities of daily living in children with developmental coordination disorder : performance, learning, and participation. *Phys Ther* 2015 ; 95 : 1496-506.
- Wang TN, Tseng MH, Wilson BN, *et al.* Functional performance of children with developmental coordination disorder at home and at school. *Dev Med Child Neurol* 2009 ; 51 : 817-25.
- Watkinson EJ, Dunn JC, Cavaliere N, *et al.* Engagement in playground activities as a criterion for diagnosing developmental coordination disorder. *Adapt Phys Activ Q* 2001 ; 18 : 18-34.
- Wuang YP, Wang CC, Mao-Hsiung H. Health-related quality of life in children with developmental coordination disorder and their parents. *OTJR* 2012 ; 32 : 142-50.
- Zésiger P. *Écrire : approches cognitive, neuropsychologique et développementale*. Paris : PUF, 1995.
- Zwicker JG, Harris SR, Klassen AF. Quality of life domains affected in children with developmental coordination disorder: a systematic review. *Child Care Health Dev* 2013 ; 39 : 562-80.

6

Liens entre TDC et activités physiques

Les travaux qui portent spécifiquement sur les liens entre le trouble développemental de la coordination (TDC) et les activités physiques partagent un même constat : les enfants qui sont porteurs de ce trouble vivent mal la pratique de ces activités, activités dans lesquelles ils s'engagent moins que les autres enfants (Bouffard et coll., 1996 ; Cermak et coll., 2015) où ils apparaissent moins performants et sont souvent désignés comme maladroits ou fainéants (Missiuna et coll., 2004), ce qui aurait des conséquences à la fois psychologiques et relationnelles (Cairney et coll., 2007b). Ce constat est repris d'un article à l'autre et se centre sur les difficultés que rencontrent les enfants qui présentent ce trouble dans leur pratique des activités physiques. Le constat se fait en général en deux temps : d'abord en introduction de l'article pour justifier l'intérêt porté par les chercheurs à l'activité physique et ensuite en fin d'article pour constater les limites des connaissances produites. Ainsi, les travaux exposent les difficultés des enfants présentant un trouble et leur limitation dans l'accès aux activités physiques.

Ce constat nous a conduits à développer les points suivants. En premier lieu, nous avons analysé le point de départ des articles ainsi que le questionnement et les hypothèses qui guident les recherches et avons fait émerger les jugements de valeur qu'ils contiennent. Ensuite, nous avons examiné les manières d'aborder la question de la vulnérabilité en lien avec la sédentarité en repérant notamment l'intérêt de ces travaux pour décrire, expliquer, interpréter mais aussi prévoir l'engagement des enfants présentant un TDC dans la pratique des activités physiques. Nous avons également signalé l'intérêt parfois mentionné dans ces articles pour la prévention et l'incitation à la pratique physique mais selon des incitations qui ne se déduisent pas directement des résultats scientifiques proposés. En cela, les travaux étudiés présentent un intérêt scientifique indéniable (pour un champ de connaissance donné) mais un intérêt pratique beaucoup plus limité. Il a également été nécessaire d'explorer la perception de l'activité physique telle qu'elle est utilisée dans les recherches analysées. Le constat fait apparaître une grande diversité de

ce dont il est question, depuis le simple mouvement enregistré par un accéléromètre, jusqu'à la pratique d'activités sportives, que nous qualifions d'activités socialement significatives en ce qu'elles ont du sens pour l'individu dans son environnement social. Ces éléments ont finalement permis de mettre en exergue la nécessité de prendre en compte un certain nombre d'éléments relatifs aux types d'activités physiques dans les recherches. L'ensemble de cette analyse a été guidée par une question transversale : en quoi ces travaux permettent-ils de mieux comprendre les liens entre le TDC et les activités physiques, pour mieux agir en direction des enfants qui en sont porteurs ?

Le point de départ : « Children with DCD are less... »

Les travaux sur les activités physiques chez les enfants présentant un TDC sont en majorité menés par l'équipe de Cairney et de ses collaborateurs/trices, puisqu'ils représentent finalement 17 des 41 papiers étudiés. Les articles qui intègrent le lien entre activités physiques et TDC partent tous d'un constat de manque, d'insuffisance, de carence ou de faiblesse quant à la participation à ces activités ou quant à la réalisation de tâches motrices dans lesquelles ils apparaissent moins performants que les autres enfants. Les enfants porteurs d'un TDC seraient ainsi moins physiquement actifs que les autres (Smyth et Anderson, 2000 ; Poulsen et Ziviani, 2004 ; Cairney et coll., 2010b). Ils auraient tendance à éviter les activités physiques en raison d'une faible estime de soi et d'une auto-évaluation négative quant aux compétences qu'ils s'attribuent dans ces activités (Jarus et coll., 2011). Ils risqueraient en conséquence d'être plus exposés à l'obésité (Hands et Larkin, 2006), notamment les garçons (Cairney et coll., 2005a). Tous ces points sont résumés dans le rapport synthétique de l'Académie européenne du handicap (Blank et coll., 2012) qui note que l'impact des problèmes de coordination motrice sur l'engagement dans les activités physiques tout au long de la vie est influencée par une multitude de facteurs (sociaux, culturels, environnementaux) et pas seulement par des caractéristiques individuelles. Une évidence se dessine toutefois : les enfants présentant un TDC sont moins actifs physiquement, notamment en ce qui concerne leur participation aux sports d'équipe (Poulsen et coll., 2007 ; Summers et coll., 2008).

Ce qui est particulièrement éclairant, ce sont les rapides synthèses de début d'articles qui, toutes, mentionnent un plus faible taux d'activité chez les enfants présentant un TDC mais qui surtout proposent plusieurs interprétations pour expliquer ce moindre engagement dans l'activité physique (le sentiment d'incompétence, le manque de confiance en leur capacité, la

honte, le rejet des autres enfants, le jugement négatif des enseignants, des activités non adaptées, notamment celles qui sont finalisées par la compétition : l'impact de l'environnement d'une part, et par ailleurs de l'auto-perception des enfants concernés, etc.). À la lecture des articles, nous sommes en droit de nous demander pourquoi tout ceci est présenté, alors que les études portent principalement sur autre chose, alors même que la compréhension de ce qui fonde ce déficit d'activité paraît particulièrement pertinente et nécessaire. Par exemple, dans un des nombreux articles qu'il consacre au TDC, Cairney (Cairney et coll., 2010b) affirme que les enfants présentant un TDC rencontrent de nombreuses difficultés dans les tâches motrices ce qui a des conséquences sur leurs performances scolaires, notamment en matière de calligraphie. Ce faisant, il énonce, ce que de nombreux articles reprennent. Mais l'étude qu'il présente dans cet article porte sur le poids relatif et le tour de taille de ces enfants. Le lien entre le déficit ou les difficultés rencontrés et l'étude n'est pas établi. Tout au plus, cela permet de formuler de nouvelles hypothèses. Par ailleurs, le déficit d'activité est rapporté à une exigence quantitative d'exercice dont les bienfaits en matière de santé sont soulignés (Cairney et coll., 2007a ; 2007b). Mais nous trouvons peu d'informations sur le sens de l'exercice, le désir de pratique ou l'intérêt pour une activité, les études valorisant des données quantifiables au détriment de données qualitatives ou écologiques qui pourraient pourtant fournir des éléments de compréhension au « déficit d'exercice ».

Une plus grande vulnérabilité aux effets de la sédentarité ?

Les travaux analysés portent principalement sur la description et l'identification des liens entre les activités physiques et un certain nombre de caractéristiques qui seraient particulièrement altérées chez les enfants présentant un TDC. Ainsi, le lien entre la sédentarité et le surpoids ou l'obésité ou les risques cardio-vasculaires (Cairney et coll., 2007a ; Fong et coll., 2011 ; Cairney et coll., 2012 ; Cermak et coll., 2015 ; Joshi et coll., 2015) est discuté ou encore entre le degré d'activité et la consommation d'oxygène (Chia et coll., 2010 ; Cairney et coll., 2010a ; Faught et coll., 2013 ; Chia et coll., 2013 ; 2014).

Ces travaux interrogent par exemple le lien entre la maturité osseuse et l'intensité de l'activité physique ou encore le lien entre le TDC et différentes aptitudes physiques ou motrices (composition corporelle, souplesse, détente verticale, force de préhension, capacité aérobie, vitesse sur 40 m, testées par Tsiotra (2009). En arrière-plan de ce travail de Tsiotra, le questionnement porte sur le lien entre TDC et surpoids en Grèce. Si l'étude traduit une

préoccupation européenne consistant à générer de l'activité physique dans une perspective sanitaire, l'apport de ce type de travail renseigne peu sur ce qui détermine ou invite les enfants présentant un TDC à se livrer ou non à l'activité physique. Les travaux produits en ce sens visent à réduire les risques secondaires en matière de santé les enfants présentant un TDC paraissant plus vulnérables en raison d'un plus grand degré d'inactivité. Mais de quelle santé parle-t-on ? On peut clairement douter qu'il s'agisse du complet bien-être telle qu'elle est définie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Plusieurs de ces travaux suggèrent que ces enfants seraient plus exposés aux risques liés à la sédentarité que les autres enfants notamment en matière d'obésité (Cairney et coll., 2010a). Cairney notamment (2005a ; 2007b) postule que la sédentarité des enfants présentant un TDC réside dans leur absence de motivation pour les jeux moteurs. Lorsque les enfants présentant un TDC sont constitués en cohorte, comme c'est le cas dans les travaux de Cairney et ses collaborateurs qui suivent les élèves de cinq écoles primaires de la région du Niagara dans l'Ontario (929 enfants dont 44 identifiés comme présentant un TDC, 25 filles, 19 garçons), les observations sont multipliées sans que toutefois les liens entre activités physique et risques pour la santé, par exemple, soient clairement établis. Cette cohorte en elle-même ne manque pas d'interroger quand on sait que les enfants sur lesquels portent les expérimentations sont des enfants « présentant potentiellement un TDC » car leur identification est faite par les chercheurs et chercheuses eux-mêmes et non par un clinicien habilité (Cairney et coll., 2007c ; Baerg et coll., 2011).

Interprétations et risques de stigmatisation

Outre les limites méthodologiques sur la constitution des échantillons soulignées en synthèse, nous voyons là un risque épistémologique qui conduit à stigmatiser les populations étudiées par l'usage des termes employés ou les glissements sémantiques qui pourraient être mal interprétés. Ainsi, les enfants présentant un TDC sont-ils identifiés en référence au registre du manque, de la carence ou de l'insuffisance de performances, ce qui pourrait conduire des lecteurs non avertis à stigmatiser cette population. C'est le cas par exemple lorsqu'il est question « d'incompétence motrice » (*motor incompetence*) ou d'enfants avec un « niveau d'activité physique diminué ». En outre, la déclinaison des travaux sur l'activité physique chez les enfants présentant un TDC multiplie les recueils de données au dépend d'approches compréhensives visant à saisir le sens de l'activité physique, malgré un constat pertinent des difficultés rencontrées par ces enfants.

Mouvement, activité physique, éducation physique scolaire, sport : de quoi parle-t-on ?

Objectivation des différences d'activité

La multiplication des mesures relatives à l'activité physique se traduit par la survalorisation de certains outils au dépend des questions pourtant posées sur cette population spécifique dans l'introduction des articles. Ainsi en est-il notamment de l'usage de l'accéléromètre pour identifier l'activité des enfants concernés (Baerg et coll., 2011 ; Batey et coll., 2014). L'équipe de Cairney critique l'usage exclusif des questionnaires d'auto-évaluation de l'activité physique et propose de quantifier l'activité à partir d'un accéléromètre. Ceci, combiné aux échelles d'auto-efficacité ou de barrière perçue élaborées par McAuley et Mihalko (1998) puis adaptées pour les enfants et les adolescents par Foley et coll. (2008), permettrait de tester l'efficacité perçue dans des activités physiques en fonction de leur intensité. Cette perception rapportée à une échelle allant de la sédentarité (pas d'activité) à une activité légère, modérée ou intense, selon le nombre d'oscillations par minute permettrait d'identifier à la fois l'engagement physique et la manière dont les enfants se projettent dans l'activité. L'intensité de l'activité serait un indicateur indirect de leur engagement. Dans le groupe contrôle, l'activité physique est bien plus élevée chez les garçons que chez les filles, alors que chez les enfants présentant un TDC, c'est l'inverse. En revanche, pour les garçons présentant un TDC, le taux d'activité s'effondre au point d'être inférieur à celui des filles. Pour les filles des deux groupes (TDC et contrôle), l'étude rapporte un même taux d'activité.

Finalement, ces études objectivent ce que l'on sait cliniquement et ce que rapportent les enseignants ou les parents. Les enfants dont les troubles ont pour conséquence une coordination motrice qui produit de la maladresse s'engagent bien moins que les autres dans une activité physique. Par ailleurs, on peut souligner que les auteurs considèrent que les garçons atteints de TDC produisent une activité physique utile (*most valuable physical activities*) inférieure. L'utilité de l'activité physique est ici réduite à sa seule dimension physiologique, et les travaux n'évaluent pas son utilité sociale ou symbolique (quelle est par exemple l'utilité d'une activité physique en matière de détente, de plaisir, de divertissement, de convivialité, etc. ?).

Et le sens de l'activité physique proposée ?

Pourtant, parmi les hypothèses fournies (et non testées, peuvent-elles d'ailleurs l'être dans ce cadre épistémologique ?) pour expliquer la différence entre les garçons présentant un TDC et le groupe témoin figure le postulat de l'importance du sport pour les garçons. Les auteurs considèrent que la valeur du sport est telle pour les garçons que ceux qui présentent un TDC auraient peur de leur propre maladresse et du jugement qui en résulterait et les filles, au contraire, n'auraient que faire d'être jugées sur leurs compétences sportives (Cairney et coll., 2012). Si la piste est stimulante, l'étude présente un décalage considérable entre les objectivations produites sur la base du mouvement enregistré par un accéléromètre et les interprétations formulées. La confusion entre activités sportives et exercices physiques ou mouvements est par ailleurs très gênante. Ce que les auteurs appellent « sport » renvoie à des activités socialement significatives, traversées de valeurs et à forte portée identitaire. Travailler sur le sens que prend une exclusion de ces activités paraît donc plus que nécessaire. Mais cela suppose une analyse fine de la signification sociale de ces activités et du contexte dans lequel elles sont pratiquées (institutionnel, récréatif, amical, familial, etc.), éléments qui ont un fort impact sur l'engagement des enfants, indépendamment des troubles qui peuvent les affecter. Un enfant présentant un TDC pourra par exemple s'engager totalement en famille ou avec d'autres enfants atteints de ce trouble et rester très en retrait dans le cadre scolaire ou sportif compétitif, ces derniers étant rapportés l'un comme l'autre à un jugement et à une hiérarchie très stricts. Si quelques recherches sur la participation et la qualité de vie des enfants présentant un TDC apportent des éléments sur cet aspect (voir chapitre précédent), les travaux qui s'engagent sur un tel terrain restent pour l'instant très lacunaires.

Pourtant, dès 2005, les travaux de Cairney avaient pour ambition de tester un modèle théorique permettant de lier TDC et réduction d'activité physique, à partir de tests de motricité, d'auto-efficacité perçue et de questionnaires sur les activités physiques. L'enjeu principal consistait bien à évaluer l'impact de l'auto-efficacité perçue sur le lien entre TDC et activité physique. Les résultats suggéraient alors que les enfants porteurs d'un TDC étaient moins actifs physiquement, vraisemblablement en raison d'une faible auto-efficacité perçue. La nécessité d'une intervention adaptée en matière d'activité physique était également déjà suggérée. Néanmoins, aucune relation de causalité entre estime de soi, auto-efficacité et activité physique n'a pu être identifiée.

212 Depuis cet article programmatique, force est de constater que les facteurs psychosociaux susceptibles d'infléchir le lien entre le TDC et l'activité

physique restent peu explorés dans cette littérature, même s'ils constituent un point aussi important que l'analyse des activités elles-mêmes pour proposer des interventions adaptées aux enfants qui en ont besoin. L'hypothèse selon laquelle les enfants présentant un TDC ne participeraient pas aux activités physiques en raison du fait qu'ils ne se sentent pas en mesure de produire une performance suffisante (Cairney et coll., 2005b) n'est pas directement testée. Reste à discuter ce que signifie cette performance et la signification qu'elle prend institutionnellement et socialement. Reste aussi à interroger la manière dont le sport et les activités physiques sont présentés et proposés aux enfants et quelles sont les activités socialement valorisées, celles dans lesquelles ils peuvent s'identifier, etc. D'autant que Cairney note l'importance du plaisir à pratiquer l'éducation physique scolaire comme facteur déterminant pour que les élèves s'engagent dans une activité physique. Mais ils le notent entre parenthèses, en fin de parenthèse, sans évaluer le degré de plaisir.

Or, si les premiers travaux de Cairney renforcent des travaux antérieurs suggérant la moindre activité physique des enfants présentant un TDC, ils affirment tout de même que le TDC n'est pas en soi une barrière à la pratique d'une activité physique. Ce sont les effets sociaux de la pratique qui agiraient comme un frein. Dès lors, l'importance du diagnostic de TDC est rappelée afin de ne pas projeter des attentes impossibles et ne pas stigmatiser ces enfants. Par ailleurs concluent Cairney et ses collaborateurs (2005b), les approches cliniques montrent que l'accroissement de la participation de ces enfants est bien plus lié à la confiance en soi et au désir de pratiquer une activité physique qu'à l'amélioration des habiletés motrices.

Parmi les résultats obtenus sur les liens entre TDC et activités physiques, on doit à Cairney (2006) le fait d'avoir montré que l'avancée en âge ne rend pas les enfants moins actifs. En revanche, dans cette étude, il réitère l'idée que le type d'activités auquel se livrent les enfants varie avec l'âge, ce qui est un point à approfondir, notamment en distinguant ce qui relève des activités libres et des activités organisées, tout en intégrant les effets du passage de l'enfance à l'adolescence qui correspond à des changements d'engagement corporel et des changements de pratique dans la population générale. Ce dernier point serait à envisager particulièrement pour saisir l'engagement ou le désengagement des enfants présentant un TDC à l'adolescence, sachant que par ailleurs, ils manifestent plus que les autres un désintérêt pour l'éducation physique scolaire (Cairney et coll., 2007b).

Or, Beutum et ses collaboratrices (2013) montrent que les enfants présentant un TDC ne s'engagent pas plus que leurs camarades dans des comportements sédentaires. Ce qui se jouerait ne serait pas lié à l'envie de pratiquer

mais bien, selon Cairney et coll. (2007b), le regard porté sur eux-mêmes par les enfants présentant un TDC. Ils apprendraient tout au long de leur expérience de l'éducation physique scolaire à s'évaluer négativement. Si ces enfants apprécient moins que les autres les cours d'éducation physique et sportive, ce serait en raison de la conscience qu'ils ont acquise de l'insuffisance de leurs performances au regard de ce qui est attendu dans cet enseignement (Cairney et coll., 2005b). Le cours d'éducation physique serait le lieu et le moment où leurs difficultés motrices seraient les plus exposées au regard des autres et où leurs capacités à les compenser seraient les plus réduites (Losse et coll., 1991 ; Fitzpatrick et Watkinson, 2003). Malgré cela, Cairney et coll. (2007b) rappellent l'importance de l'éducation physique scolaire pour assurer un minimum d'activité physique, voire pour l'accroître.

Des différences selon les genres qui restent peu explorées

Alors que dans les populations au développement typique, il y a des différences selon le genre en matière d'activités physiques, il y a au moins deux types d'effets de genre contradictoires chez les enfants présentant un TDC, notamment lorsque ce trouble est associé à un trouble déficit de l'attention avec hyperactivité (TDA/H). Dans ce cas, les enfants présentant un TDA/H produisent plus d'activité, avec un effet de genre atténué. Néanmoins les garçons présentant un TDC sont globalement moins actifs que les garçons des groupes témoins. Il est difficile d'interpréter les raisons de ces différences notamment car les études tendent à ne pas caractériser le type d'activité physique et les modalités de leur pratique comme variable de leur protocole. Tout semble se passer comme si le degré d'engagement dans l'activité était indépendant de l'activité elle-même. Les limites dans l'interprétation des différences entre garçons et filles suggèrent au contraire que cette piste mériterait d'être explorée. C'est ce que note Baerg et coll. (2011) lorsqu'elle souligne que les diverses méthodes d'évaluation de l'activité physique gagneraient à interroger le type de mouvement dont il est question et à recourir (au moins en complément) aux questionnaires subjectifs, afin de pouvoir proposer des interprétations valides qui ne peuvent se faire qu'à partir de sources multiples.

Une nécessité : prendre en compte la nature, le type d'activités physiques, leurs pédagogies et leurs finalités dans les recherches

Finalement, les limites pratiques et épistémologiques des travaux sur les liens entre le TDC et l'activité physique proviennent de leurs caractéristiques scientifiques et méthodologiques. En effet, le recours à des outils standardisés et validés dans les études permet de renforcer certaines données, entretenant le fonctionnement ordinaire de la science. Cependant, ces mêmes outils laissent des pans entiers de la réalité observée en suspens, et produisent une réalité sur les enfants présentant un TDC et sur leur rapport à l'activité physique formulée en termes très négatifs, privilégiant ce qu'ils « ne font pas » au détriment de l'observation de « ce qu'ils font ».

L'absence d'études intégrant le rapport au sens des activités, à leur intérêt ludique, au plaisir, et l'absence de travaux analysant finement ce qui conduit à l'exclusion des enfants porteurs d'un TDC dans les activités physiques constituent des manques avérés de la littérature scientifique que nous avons étudiée. Batey et ses collaborateurs (2014) soulignent d'ailleurs que plus de travaux doivent être produits afin de comprendre les prédicteurs d'inactivité.

Causgrove (2000) a montré que les enfants vivant avec un TDC manifestent une perception accrue de leur compétence après des cours d'éducation physique scolaire mettant l'accent sur un climat très motivant réduisant ainsi le fardeau du trouble. Ces résultats suggèrent que le type d'activité physique proposée devrait être intégré dans les études portant sur les liens entre activité physique et TDC. Produire des connaissances sur le lien entre TDC et activités physiques ne peut en effet se faire sans un questionnaire sur les activités elles-mêmes et sur les finalités qu'elles servent. Dans un des rares articles qui s'interroge sur le type d'activité, Spencer-Cavaliere (2010) discute l'accès à des activités physiques inclusives et les intègre dans l'étude elle-même. Elle montre que, par elles, les enfants porteurs d'un handicap (parmi lesquels des enfants présentant un TDC) ont accès au jeu, se considèrent comme de véritables joueurs et ont des amis. Cette étude rappelle que les réactions de l'environnement font que les enfants se sentent plus ou moins inclus (acceptés). Elle montre que la volonté de jouer est bien là mais que c'est le résultat des mises à l'écart et des jugements qui engendrent le repli et donc l'atténuation de l'activité physique. Ce type de questionnaire sur la manière d'enseigner les activités physiques et sur le sens qu'elles prennent pour les enfants apparaît tout à fait intéressant.

De même, comme l'indique un rapport de la Fédération générale des pupilles de l'enseignement public (FGPEP, 2015), « *plus les parents souhaitent que le*

handicap de leur enfant soit “compensé” dans tous les domaines de la vie ordinaire (scolarité, loisirs culturels et sportifs), plus ils doivent déployer d’énergie pour atteindre ce résultat »⁵⁴. Or, il existe peu, voire pas de travaux sur l’engagement des parents et des enfants dans les activités de loisir, alors que ce type de recherches pourrait permettre d’identifier des freins et des leviers à la pratique. En effet, la compréhension des effets du TDC sur les situations réelles ne peut faire abstraction de la prise en compte de toute la chaîne décisionnelle qui débute dans le désir de pratique et s’actualise dans un environnement plus ou moins adapté aux conséquences du TDC chez l’enfant.

Enfin, nous soulignons que la plupart des travaux produits sont nord-américains et s’inscrivent donc dans des systèmes scolaires tout comme des programmes d’éducation physique différents de ceux français, sans pour autant qu’une contextualisation ne soit faite. Il en va de même avec l’organisation des sports qui, en France, est structurée principalement à partir du mouvement associatif. Or, la contextualisation des travaux sur l’activité physique – contextualisation scolaire et culturelle qui intègre une réflexion sur la signification de la performance scolaire et sportive pour les enfants présentant un TDC – s’avère indispensable pour interpréter les résultats.

RÉFÉRENCES

Baerg S, Cairney J, Hay J, *et al.* Evaluating physical activity using accelerometry in children at risk of developmental coordination disorder in the presence of attention deficit hyperactivity disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1343-50.

Batey CA, Missiuna CA, Timmons BW, *et al.* Self-efficacy toward physical activity and the physical activity behavior of children with and without developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2014 ; 36 : 258-71.

Beutum MN, Cordier R, Bundy A. Comparing activity patterns, biological, and family factors in children with and without developmental coordination disorder. *Phys Occup Ther Pediatr* 2013 ; 33 : 174-85.

Blank R, Smits-Engelsman B, Polatajko H, *et al.* European academy for childhood disability (EACD): recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 54-93.

Bouffard M, Watkinson EJ, Thompson LP, *et al.* A test of the activity deficit hypothesis with children with movement difficulties. *Adapt Phys Activ Q* 1996 ; 13 : 61-73.

54. Les PEP Recherche-Action, Adapter l’accompagnement aux parcours de vie des personnes en situation de handicap, Rapport de recherche, décembre 2015.

Cairney J, Hay JA, Faught BE, *et al.* Developmental coordination disorder and overweight and obesity in children aged 9-14y. *Int J Obes* 2005a ; 29 : 369-72.

Cairney J, Hay JA, Faught BE, *et al.* Developmental coordination disorder, generalized self-efficacy toward physical activity, and participation in organized and free play activities. *J Pediatr* 2005b ; 147 : 515-20.

Cairney J, Hay J, Faught BE, *et al.* Developmental coordination disorder, age and play: a test of the divergence in activity-deficit with age hypothesis. *Adapt Phys Activ Q* 2006 ; 23 : 261-76.

Cairney J, Hay JA, Faught BE, *et al.* Developmental coordination disorder and cardiorespiratory fitness in children. *Pediatr Exerc Sci* 2007a ; 19 : 20-8.

Cairney J, Hay J, Mandigo J, *et al.* Developmental coordination disorder and reported enjoyment of physical education in children. *Eur Phy Educ Rev* 2007b ; 13 : 81-98.

Cairney J, Hay J, Veldhuizen S, *et al.* Trajectories of relative weight and waist circumference among children with and without developmental coordination disorder. *CMAJ* 2010a ; 182 : 1167-72.

Cairney J, Hay JA, Veldhuizen S, *et al.* Developmental coordination disorder, sex, and activity deficit over time: a longitudinal analysis of participation trajectories in children with and without coordination difficulties. *Dev Med Child Neurol* 2010b ; 52 : e67-72.

Cairney J, Kwan MY, Hay JA, *et al.* Developmental coordination disorder, gender, and body weight: examining the impact of participation in active play. *Res Dev Disabil* 2012 ; 33 : 1566-73.

Cairney J, Veldhuizen S, Kurdyak P, *et al.* Evaluating the CSAPPA subscales as potential screening instruments for developmental coordination disorder. *Arch Dis Child* 2007c ; 92 : 987-91.

Cermak SA, Katz N, Weintraub N, *et al.* Participation in physical activity, fitness, and risk for obesity in children with developmental coordination disorder: a cross-cultural study. *Occup Ther Int* 2015 ; 22 : 163-73.

Chia LC, Guelfi KJ, Licari MK. A comparison of the oxygen cost of locomotion in children with and without developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2010 ; 52 : 251-5.

Chia LC, Licari MK, Guelfi KJ, *et al.* Investigation of treadmill and overground running: implications for the measurement of oxygen cost in children with developmental coordination disorder. *Gait Posture* 2014 ; 40 : 464-70.

Chia LC, Reid SL, Licari MK, *et al.* A comparison of the oxygen cost and physiological responses to running in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 2098-106.

Faught BE, Rivilis I, Klentrou P, *et al.* Submaximal oxygen cost during incremental exercise in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 4439-46.

Fédération générale des pupilles de l'enseignement public (FGPEP). *Les PEP. Recherche-Action. Adapter l'accompagnement aux parcours de vie des personnes en situation de handicap*. Paris : FGPEP, 2015.

Fitzpatrick DA, Watkinson EJ. The lived experience of physical awkwardness: adults' retrospective views. *Adapt Phys Activ Q* 2003 ; 20 : 279-97.

Foley L, Prapavessis H, Maddison R, *et al.* Predicting physical activity intention and behavior in school-age children. *Pediatr Exerc Sci* 2008 ; 20 : 342-56.

Fong SS, Lee VY, Chan NN, *et al.* Motor ability and weight status are determinants of out-of-school activity participation for children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2614-23.

Hands B, Larkin D. Physical fitness differences in children with and without motor learning difficulties. *Eur J Spec Needs Educ* 2006 ; 21 : 447-56.

Causgrove Dunn J. Goal orientations, perceptions of the motivational climate, and perceived competence of children with movement difficulties. *Adap Phys Act Q* 2000 ; 17 : 1-19.

Jarus T, Lourie-Gelberg Y, Engel-Yeger B, *et al.* Participation patterns of school-aged children with and without DCD. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1323-31.

Joshi D, Missiuna C, Hanna S, *et al.* Reprint of Relationship between BMI, waist circumference, physical activity and probable developmental coordination disorder over time. *Hum Mov Sci* 2015 ; 42 : 307-17.

Losse A, Henderson SE, Elliman D, *et al.* Clumsiness in children-do they grow out of it? A 10-year follow-up study. *Dev Med Child Neurol* 1991 ; 33 : 55-68.

McAuley E, Mihalko SL. Measuring exercise-related self-efficacy. In : Duda JL (ed). *Advances in sport and exercise psychology measurement*. Morgantown, WV : Fitness Information Technology, 1998 : 371-89.

Missiuna C, Rivard L, Pollock N. They're bright but can't write: developmental coordination disorder in school aged children. *TEC Plus* 2004 ; 1 : n1.

Poulsen AA, Ziviani JM. Can I play too? Physical activity engagement of children with developmental coordination disorders. *Can J Occup Ther* 2004 ; 71 : 100-7.

Poulsen AA, Ziviani JM, Cuskelly M, *et al.* Boys with developmental coordination disorder: loneliness and team sports participation. *Am J Occup Ther* 2007 ; 61 : 451-62.

Smyth MM, Anderson HI. Coping with clumsiness in the school playground: social and physical play in children with coordination impairments. *Br J Dev Psychol* 2000 ; 18 : 389-413.

Spencer-Cavaliere N, Watkinson EJ. Inclusion understood from the perspectives of children with disability. *Adapt Phys Activ Q* 2010 ; 27 : 275-93.

Summers J, Larkin D, Dewey D. What impact does developmental coordination disorder have on daily routines? *Int J Disabil Dev Ed* 2008 ; 55 : 131-41.

Tsiotra GD, Nevill AM, Lane AM, *et al.* Physical fitness and developmental coordination disorder in Greek children. *Pediatr Exerc Sci* 2009 ; 21 : 186-95.

Impacts sur l'écriture manuscrite

Les compétences motrices fines font référence aux mouvements fins et précis qui sollicitent les petits muscles impliqués dans le fonctionnement des extrémités, notamment ceux de la main et des doigts (Gallahue et Ozmun, 2006). Ces compétences sont essentielles dans les activités quotidiennes telles que se nourrir et s'habiller, ou encore dans les activités scolaires telles que découper, dessiner, et écrire (McHale et Cermak, 1992 ; Marr et coll., 2003 ; Van der Linde et coll., 2013). Elles se développent progressivement chez l'enfant, et jouent un rôle important dans son développement. L'âge d'acquisition des différentes étapes de la motricité fine varie d'un enfant à l'autre, en fonction principalement de sa maturation cérébrale et de ses capacités perceptives et cognitives, mais également en fonction de son environnement, en particulier les stimulations qu'il reçoit. Les enfants porteurs d'un TDC présentent des déficits de la motricité globale et/ou de la motricité fine (Blank et coll., 2012 ; Albaret et Chaix, 2015). Ils ont des difficultés à réaliser des gestes coordonnés dans un but précis, en général dans le cadre d'un apprentissage spécifique et contextualisé : utiliser des couverts, manier un outil, découper, dessiner, écrire, jouer d'un instrument, attraper une balle, etc. Dans ce chapitre, nous allons voir en détail une des fonctions motrices fines qui pose particulièrement problème aux enfants présentant un TDC, l'écriture manuscrite. Nous ferons ici un point sur les connaissances actuelles concernant les troubles de l'écriture chez l'enfant présentant un TDC et les mécanismes mis en jeu.

L'écriture, un acquis essentiel dans nos sociétés lettrées

Même aujourd'hui, à l'heure du numérique et du digital, l'écriture manuscrite reste un acquis essentiel au fonctionnement de notre société (Bara et Gentaz, 2007). Elle est à la base de nombreuses productions aussi bien scolaires que professionnelles. Cependant, son acquisition est loin d'être triviale. En effet, apprendre à écrire est une activité complexe qui nécessite la maîtrise et la coordination d'habiletés diverses, cognitives, perceptives, attentionnelles et

linguistiques. L'apprentissage de l'écriture manuscrite reste aujourd'hui systématique dans nos sociétés lettrées. De ce fait, elle occupe immédiatement une place centrale dans les apprentissages scolaires. Elle représente effectivement la principale tâche académique des enfants, s'inscrivant quotidiennement dans 30 à 60 % de leurs activités à l'école (Paz-Villagrán et coll., 2012). L'écriture doit être facilement déchiffrable par le lecteur, tant en terme de trace écrite que de contenu symbolique. Dans un certain nombre de pays dont la France, la lisibilité est un facteur important d'évaluation des productions écrites par les enseignants, mais aussi un facteur de jugement par les pairs. En effet, plusieurs études ont montré qu'à contenu égal, une copie moins lisible est moins bien notée (Markham, 1976 ; Briggs, 1980 ; Hugues et coll., 1983).

Les mécanismes sous-jacents à l'acte d'écriture ont été relativement bien étudiés chez le sujet tout-venant, en particulier les aspects développementaux, et ce dans différentes langues. Il est cependant important de noter que les résultats obtenus sont parfois difficilement comparables entre pays, du fait de nombreuses différences entre les systèmes d'écriture utilisés, qui présentent des caractéristiques spatio-temporelles distinctes et/ou mettent en jeu des chaînes musculaires différentes (systèmes alphabétiques ou symboliques différents, sens de production de l'écriture différents, écriture cursive ou script, etc.).

Les troubles de l'écriture ou dysgraphies : définition et diagnostic

Dans la littérature scientifique, les difficultés d'écriture manuelle sont retrouvées sous plusieurs dénominations : troubles graphomoteurs, dysgraphie de développement, faible écriture manuelle (*poor handwriting*), ou encore écriture manuelle non fonctionnelle (Volman et coll., 2006 ; Ratzon et coll., 2007). Le terme de « difficultés graphomotrices » renvoie non seulement à une écriture manuelle faible, mais englobe plus généralement des difficultés dans la tenue du crayon, le dessin, le coloriage, le tracé, ou la copie (Albaret, 2004). Pour plus de clarté, nous emploierons tout au long de ce chapitre le terme de « dysgraphies » pour désigner les troubles qui affectent l'écriture. La définition de la dysgraphie qui prévaut encore aujourd'hui est celle proposée par Ajuriaguerra en 1974 : « Est dysgraphique tout enfant dont la qualité d'écriture est déficiente alors qu'aucun déficit neurologique important ou intellectuel n'explique cette déficience ».

Les dysgraphies sont généralement observées dans différents contextes pathologiques tels que la prématurité (Feder et coll., 2005), la dystonie (Deonna et coll., 1997), les troubles du spectre autistique (Fuentes et coll., 2009), mais surtout les troubles du développement comme le TDC (Schoemaker, 1993 ; Geuze, 2005 ; pour revue Albaret et coll., 2013), le TDA/H (Adi-Japha et coll., 2007 ; Racine et coll., 2008), ou encore la dyslexie (Capellini et coll., 2010 ; Mogasale et coll., 2012). La nature de ces associations fait encore débat aujourd'hui, et renvoie à la question des comorbidités (Habib, 2014). Il semble également que la dysgraphie puisse s'observer seule, en absence d'autres troubles associés. Ainsi, Albaret et coll. (2013) ont proposé l'emploi du terme « trouble d'apprentissage de la graphomotricité » (TAG) pour désigner ce déficit affectant uniquement les compétences graphomotrices et l'écriture.

Étant donné l'importance de l'écriture manuscrite aussi bien dans la réussite scolaire que professionnelle, le diagnostic et la prise en charge des dysgraphies sont donc essentiels. L'apparition de troubles de l'écriture non diagnostiqués et/ou non rééduqués peut en effet avoir de graves conséquences pour l'enfant puisqu'ils vont rapidement impacter les autres apprentissages, notamment l'orthographe, la grammaire, ou encore les aspects de composition (Christensen, 2009 ; Graham et coll., 1997 et 2000). Les conséquences à terme peuvent être une baisse d'intérêt pour les tâches scolaires, de l'anxiété, des comportements d'évitement, une dévalorisation, une perte de confiance en soi, et même l'échec scolaire (Sassoon, 1986 ; Zésiger, 1995 ; Sigurdsson et coll., 2002). Dès la maternelle, des observations peuvent être effectuées, mais c'est seulement après deux ans de pratique de l'écriture cursive, soit aux environs de 7 ans, qu'un diagnostic est envisageable. On sait que la rééducation sera d'autant plus efficace que le diagnostic est précoce. Du fait de l'absence de déficit neurologique, perceptif ou moteur avéré, le diagnostic de dysgraphie est donc plus compliqué qu'il n'y paraît au premier abord, et il ne peut être posé que par une équipe pluridisciplinaire (neuropédiatre, psychologue ou neuropsychologue, ophtalmologiste, psychomotricien, et ergothérapeute). L'échelle de diagnostic de la dysgraphie la plus utilisée à l'heure actuelle par les praticiens en milieu libéral et hospitalier pour l'évaluation de l'écriture est le test du BHK (Hamstra-Bletz et coll., 1987 ; version française par Charles et coll., 2003). Cette échelle d'évaluation repose sur une analyse du produit fini d'écriture, après copie d'un texte pendant cinq minutes. Un tracé est considéré de « mauvaise qualité » sur la base de critères qualitatifs (lisibilité, régularité des tracés, organisation spatiale, etc.) et quantitatifs (nombre de lettres copiées en 5 minutes)⁵⁵.

55. Plus de précisions sur le BHK ainsi que sur d'autres tests utilisés pour évaluer l'écriture et retrouvés dans la littérature sont présentés dans le chapitre « Outils d'évaluation ».

Les dysgraphies chez le sujet présentant un TDC

Le développement de la motricité fine et plus particulièrement la capacité à réaliser des mouvements différenciés des doigts contribuent au développement de la prise de l'outil scripteur (Kaiser et coll., 2013). De ce fait, il n'est pas étonnant qu'une des activités motrices fines qui pose le plus problème aux enfants présentant un TDC soit l'écriture. Les difficultés en écriture sont en effet, après les problèmes de motricité fine, la deuxième raison de consultation de ces enfants, suite à la plainte de l'enseignant, des parents ou de l'enfant lui-même (Miller et coll., 2001). L'association entre dysgraphie et TDC a été observée depuis longtemps par différents auteurs (Illingworth, 1963 ; Ajuriaguerra et coll., 1964 ; Sovik et Maeland, 1986 ; Nash-Wortham, 1987 ; Cratty, 1994). Environ la moitié des enfants diagnostiqués avec un TDC sont dysgraphiques sur la base du test du BHK selon Huau et coll. (2015), 87 % selon O'Hare et Khalid (2002). Vaivre-Douret et coll. (2011) trouvent 88 % d'enfants avec des troubles de l'écriture sans toutefois qu'un diagnostic de dysgraphie soit posé.

Caractéristiques des troubles d'écriture chez l'enfant présentant un TDC

Les difficultés d'écriture des enfants présentant un TDC concernent non seulement le produit final (problème de lisibilité, nombre d'erreurs plus important que chez les enfants typiques) mais également le processus d'écriture (Smits-Engelsman et coll., 2001 ; Huau et coll., 2015). Leur écriture est lente, et peu voire pas lisible (Albaret et coll., 2013 ; Prunty et coll., 2013 et 2014). Ils présentent une écriture moins fluide et régulière que les enfants typiques, avec en particulier des difficultés à contrôler et adapter la vitesse de leur stylo à la tâche. Les lettres qu'ils produisent sont très irrégulières, déformées, et l'agencement des lettres et des mots dans l'espace de la feuille est souvent désordonné. Ils ont en outre du mal à suivre les lignes et à respecter les hauteurs relatives des lettres et des portions de lettres (jambages et hampes de taille incorrecte). Ces résultats sont cohérents avec ceux plus généraux de Blank et coll. (2012) et Albaret et Chaix (2015) qui ont montré que les activités motrices finalisées des personnes présentant un TDC se caractérisent notamment par une lenteur et un manque de précision. La lenteur d'inscription (nombre de caractères produits par minute) observée chez les enfants présentant un TDC est en partie expliquée par le fait qu'ils font plus de pauses en l'air et/ou sur le papier pendant qu'ils écrivent (Smits-Engelsman et coll., 2001 ; Prunty et coll., 2013). Plus précisément, ces enfants font plus de pauses longues entre les lettres des mots (Prunty et coll.,

2014). Ces résultats sont néanmoins à interpréter avec précaution car une partie des enfants de ces études présentaient également un trouble déficitaire de l'attention (TDA/H), qui pouvait également impacter les productions écrites de ces enfants.

L'analyse de la cinématique d'écriture chez les enfants présentant un TDC a également mis en évidence d'importantes et nombreuses variations de vitesse par trait, un nombre de pics d'accélération et de mouvements de correction plus élevé, une vitesse moyenne par trait plus élevée, une vitesse en fin de traits plus élevée, et un défaut d'inhibition des co-mouvements (Smits-Engelsman et coll., 2001 et 2003 ; Chang et Yu, 2009 et 2010 ; Jolly et Gentaz, 2014 ; Jolly et coll., 2010 et 2014 ; Rosenblum, 2015). L'écriture des enfants présentant un TDC se caractérise également par une taille excessive : ils écrivent plus gros mais avec une vitesse instantanée plus élevée (Jolly et Gentaz, 2014 ; Jolly et coll., 2010 et 2014 ; Huau et coll., 2015). Ceci pourrait constituer une stratégie développée par ces enfants pour compenser leur déficit et leur permettre d'atteindre un certain niveau de compétences en écriture (Smits-Engelsman et coll., 2001 ; Jolly et coll., 2014). On note également des variations de l'angle du stylo avec la tablette pendant l'écriture chez les enfants présentant un TDC, rendant compte de difficultés du contrôle moteur fin au niveau des doigts (Rosenblum, 2015). Ce défaut de contrôle moteur n'est cependant pas dû à une force moindre, car ces enfants sont capables de produire la même force maximale au niveau des doigts que les enfants du groupe contrôle (Oliveira et coll., 2006). Enfin, il est important de noter que les différences entre enfants présentant un TDC et ceux typiques augmentent avec la complexité de la tâche : l'écriture des enfants présentant un TDC est beaucoup plus altérée lorsque des contraintes de taille ou de vitesse sont imposées (Smits-Engelsman et coll., 2001 ; Huau et coll., 2015). Ces résultats font échos à ceux de Geuze et Kalverboer (1987), Lundy-Ekman et coll. (1991) et Williams et coll. (1992) qui ont montré que les enfants présentant un TDC se caractérisent, entre autres, par une plus grande variabilité temporelle dans l'exécution des tâches demandant un timing précis qu'alors qu'un des traits les plus saillants de la coordination des mouvements chez le sujet sain est la consistance temporelle observée lors de répétitions d'un même geste.

Selon plusieurs auteurs, les difficultés d'adaptation motrice au niveau de l'écriture pourraient être liées au défaut d'automatisation chez les enfants présentant un TDC (Van Galen 1991 ; Rosenblum et Livneh-Zirinski, 2008 ; Prunty et coll., 2013 ; Jolly et Gentaz, 2014). Par ailleurs, le fait que l'écriture peut se révéler plus difficile en condition de dictée ou d'écriture libre qu'en condition de copie, suggère alors un problème pour mobiliser la

représentation interne du mouvement associé au tracé de chaque lettre (Jolly et coll., 2010).

On constate, en outre, une grande hétérogénéité concernant les déficits en écriture observés chez les enfants présentant un TDC, avec d'importantes variations interindividuelles et intra-individuelles en fonction de la complexité de la tâche ou des contraintes imposées (Rosenblum et coll., 2003 et 2006 ; Di Brina et coll., 2008 ; Rosenblum et Livneh-Zirinski, 2008 ; Huau et coll., 2015). Selon Huau et coll. (2015), cette hétérogénéité pourrait traduire un défaut de stabilisation des patrons moteurs. Elle est également à mettre en relation avec la complexité des comorbidités. Quelle qu'en soit l'origine, elle suggère néanmoins l'existence possible de sous-types de dysgraphies, qui pourraient être liés aux troubles associés, et souligne l'importance d'un diagnostic différencié et individualisé (Bo et coll., 2008 ; Huau et coll., 2015). De la même manière, Alexis et coll. (2006) soulignent l'importance d'un diagnostic bien différencié chez les enfants présentant un TDC, en particulier au niveau des processus visuo-attentionnels, afin de permettre une prise en charge mieux orientée tenant compte des processus spécifiquement atteints. En effet, les lenteurs d'apprentissage observées chez ces enfants pourraient ainsi être dues, au moins en partie, à un déficit visuel et/ou un défaut d'intégration des systèmes visuels et moteurs (Weil et Cunningham-Amundson, 1994 ; Beery et coll., 2004 ; Kaiser et coll., 2009 ; Rosenblum 2015 ; Scordella et coll., 2015). Enfin, Rosenblum (2013 et 2015) propose quant à elle que des troubles des fonctions exécutives, en particulier les fonctions de planification et d'organisation dans le temps et l'espace, pourraient être un mécanisme sous-jacent aux troubles de la coordination motrice, d'où l'importance de prendre également en compte ces fonctions pour l'évaluation et la prise en charge des personnes présentant un TDC.

Mécanismes sous-jacents aux troubles d'écriture

Les difficultés d'écriture observées chez les enfants présentant un TDC peuvent être liées à un défaut d'apprentissage moteur qui a été relevé aussi bien lors de nouvelles tâches que lors de l'adaptation d'un geste moteur à des contraintes imposées (Chang et Yu, 2009 ; Huau et coll., 2015). Ainsi, on note par exemple que l'apprentissage moteur du tracé d'une nouvelle lettre est plus long chez les enfants présentant un TDC et nécessite plus de répétitions que chez les enfants typiques, montrant donc des difficultés pour automatiser les compétences motrices (Chang et Yu, 2009 ; Huau et coll., 2015). D'autre part, les enfants porteurs d'un TDC présentent des difficultés dans l'ajustement fin de leurs forces dans des activités manuelles

(Smits-Engelsman et coll., 2008 ; Prunty et coll., 2013), et des difficultés dans l'apprentissage de séquences de mouvements (Gheysen et coll., 2011).

Les troubles d'écriture chez l'enfant présentant un TDC peuvent également être liés à un problème d'anticipation et/ou d'automatisation des composantes grapho-motrices bas niveau du processus d'écriture, c'est-à-dire les séquences de mouvements moteurs nécessaires à la réalisation de la tâche (Van Galen 1991 ; Rosenblum et Livneh-Zirinski, 2008 ; Prunty et coll., 2013 ; Jolly et Gentaz, 2014). Cette hypothèse repose notamment sur le fait que les enfants présentant un TDC sont moins performants que les enfants tout-venants même pour l'écriture de leur nom (Prunty et coll., 2013). En outre, il a été montré que les enfants présentant un TDC font plus de pauses entre les lettres à l'intérieur des mots que les enfants tout-venants (Prunty et coll., 2014). Ce type de pauses reflétant les composantes grapho-motrices bas niveau de l'écriture (Rosenblum et Livneh-Zirinski, 2008), l'augmentation des pauses intra-mots traduirait donc chez ces enfants un défaut d'automatisation des mouvements d'écriture (Prunty et coll., 2014).

Les troubles observés peuvent également être directement liés au déficit de la motricité fine, plus spécifiquement à la capacité à contrôler les mouvements et la coordination inter-segmentaire des doigts (Weintraub et Graham, 2000 ; Smits-Engelsman et coll., 2001 ; Feder et coll., 2005), et/ou à l'intégration visuomotrice, c'est-à-dire la coordination entre la perception visuelle et la coordination des doigts de la main (Weil et Cunningham-Amundson, 1994 ; Beery et coll., 2004 ; Kaiser et coll., 2009 ; Rosenblum 2015 ; Scordella et coll., 2015) ou à une immaturité du niveau de coordination inter-segmentaire (Lopez et coll., 2016). En effet, les enfants présentant un TDC semblent utiliser davantage les *feedbacks* visuels pendant l'exécution d'un mouvement d'écriture que les enfants typiques, c'est-à-dire qu'ils ajustent leurs mouvements en temps réel en se basant sur le retour visuel de leur tracé (Smits-Engelsman et coll., 2003). Ce mode de contrôle du mouvement dit « rétroactif », qui caractérise l'écriture chez les jeunes apprenti-scripteurs, se perd peu à peu au cours de l'apprentissage, au profit d'un mode de contrôle dit « proactif » basé sur l'automatisation et la programmation motrice des mouvements (Meulenbroek et Van Galen, 1988 ; Zesiger, 1995 ; Palluel-Germain et coll., 2007). Les enfants présentant un TDC auraient donc du mal à passer à ce mode de contrôle proactif, et donc à automatiser les gestes (Smits-Engelsman et coll., 2003). Selon Chang et Yu (2009), ceci ne semble pas spécifique à l'écriture, car ils ont montré que l'apprentissage de processus complexes, quels qu'ils soient, nécessite en outre davantage de *feedbacks* visuels chez l'enfant présentant un TDC.

Par ailleurs, la stabilité posturale du haut du corps semble également être importante pour le contrôle moteur fin du geste graphique (Miyahara et coll., 2008). En outre, certaines caractéristiques de l'écriture de ces enfants, comme par exemple l'augmentation du nombre de pauses pendant l'écriture, pourraient être dues à une fatigue plus importante lors de l'activité d'écriture, en raison d'une endurance moindre et/ou d'un manque de tonicité de la main, comme suggéré par Chang et Yu (2010), ou encore à une difficulté à maintenir une force constante adaptée à la tâche, comme cela a été montré dans des tâches de manipulation (Oliveira et coll., 2006 ; Smits-Engelsman et coll., 2008).

Enfin, il a également été proposé que les difficultés graphomotrices des enfants présentant un TDC pourraient être liées à un bruit neuro-moteur plus important, c'est-à-dire des perturbations aléatoires et imprévisibles du système neuro-moteur, d'origine interne ou externe (Van Galen et coll., 1993 ; Smits-Engelsman et coll., 2001 ; Smits-Engelsman et Wilson, 2013 ; Huau et coll., 2015). Ce bruit neuro-moteur plus élevé chez les enfants présentant un TDC pourrait être dû à un problème dans l'étape d'initiation musculaire du mouvement (Smits-Engelsman et Van Galen, 1997), entraînant une rigidité musculaire pour compenser et donc des difficultés dans les tâches de précision telles que l'écriture.

Si les troubles de l'écriture des enfants présentant un TDC ont été étudiés par plusieurs laboratoires à travers le monde, il reste pourtant difficile à l'heure actuelle de caractériser précisément les déficits observés et les mécanismes sous-jacents, et ce pour plusieurs raisons : (i) la difficulté à transférer les résultats obtenus dans différents systèmes d'écriture (par exemple hébreu et français), (ii) l'hétérogénéité des populations d'enfants porteurs d'un TDC étudiées, qui présentent souvent des troubles associés pouvant également affecter l'écriture des enfants, et (iii) l'inclusion dans certaines études d'enfants dont le diagnostic de TDC n'est pas fiable. Les seuls résultats qui semblent vraiment faire consensus sont que les enfants présentant un TDC écrivent plus gros et plus lentement que les enfants tout-venants, et qu'ils présentent une grande variabilité intra- et inter-individuelle en termes de performances d'écriture.

RÉFÉRENCES

- Adi-Japha E, Landau YE, Frenkel L, *et al.* ADHD and dysgraphia: underlying mechanisms. *Cortex* 2007 ; 43 : 700-7.
- Albaret JM. Les troubles de l'acquisition de la coordination. In : Billard C *et al.* (eds). *L'état des connaissances. Livret 5 : fonctions non-verbales*. Paris : Signes éditions, 2004 : 45-8.
- Albaret JM, Chaix Y. Troubles d'acquisition de la coordination (TAC). C'est quoi ? Et comment ça se soigne ? *Pédiatrie Pratique* 2015 ; 265 : 1-6.
- Albaret JM, Kiaser ML, Soppelsa R (eds). Des modèles à l'intervention. In : *Troubles de l'écriture chez l'enfant*. Paris : De Boeck Solal, 2013 : 155-73.
- Ajuriaguerra J de. *Manuel de psychiatrie de l'enfant* (2^e ed). Paris : Masson, 1974.
- Ajuriaguerra J de, Auzias M, Coumes I, *et al.* *L'écriture de l'enfant : vol. 1. L'évolution de l'écriture et ses difficultés*. Paris : Delachaux et Niestlé, 1964.
- Alexis C, Ducrot S, Lete B. La perception du mot écrit chez l'enfant dyspraxique. *ANAE* 2006 ; 18 : 207-13.
- Bara F, Gentaz E. Apprendre à écrire. *Médecine & Enfance* 2007 ; 206-10.
- Beery KE, Buktenica NA, Beery NA. *The Beery-Buktenica developmental test of visual-motor integration (VMI)* (5th ed). Lutz, FL : Psychological Assessment Resources, 2004.
- Blank R, Smits-Eneglsman B, Polatajko H, *et al.* European academy for childhood disability (EACD): recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 54-93.
- Bo J, Bastian AJ, Kagerer FA, *et al.* Temporal variability in continuous versus discontinuous drawing for children with developmental coordination disorder. *Neurosci Lett* 2008 ; 431 : 215-20.
- Briggs D. A study of the influence of handwriting upon grades using examination scripts. *Educ Rev* 1980 ; 32 : 186-93.
- Capellini SA, Coppede AC, Valle TR. Fine motor function of school-aged children with dyslexia, learning disability and learning difficulties. *Pro Fono* 2010 ; 22 : 201-8.
- Chang SH, Yu NY. Computerized handwriting analysis in children with/without motor incoordination. *IFMBE Proceedings* 2009 ; 23 : 402-5.
- Chang SH, Yu NY. Characterization of motor control in handwriting difficulties in children with or without developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2010 ; 52 : 244-50.
- Charles M, Soppelsa R, Albaret JM. *BHK – échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant*. Paris : Éditions et Applications Psychologiques, 2003.
- Christensen CA. *The critical role handwriting plays in the ability to produce high-quality written text. The SAGE handbook of writing development*. Londres : SAGE Publication, 2009.

Cratty BJ. *Clumsy child syndromes: Description, evaluation and remediation*. Coire : Harwood Academic Publishers, 1994.

Deonna T, Roulet E, Ghika J, *et al.* Dopa-responsive childhood dystonia: A forme fruste with writer's cramp, triggered by exercise. *Dev Med Child Neurol* 1997 ; 39 : 49-53.

Di Brina C, Niels R, Overvelde A, *et al.* Dynamic time warping: a new method in the study of poor handwriting. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 242-55.

Feder K, Majnemer A, Bourbonnais D, *et al.* Handwriting performance in preterm children compared with term peers at age 6 to 7 years. *Dev Med Child Neurol* 2005 ; 47 : 163-70.

Fuentes CTBS, Mostofsky SHMD, Bastian AJP. Children with autism show specific handwriting impairments. *Neurology* 2009 ; 73 : 1532-37.

Gallahue D, Ozmun J. *Understanding motor development: infants, children, adolescents, adults* (6th ed). New York : McGraw-Hill, 2006.

Geuze RH. Motor impairment in DCD and activities of daily living. In : Sugden DA, Chambers ME (eds). *Children with developmental coordination disorder*. Londres : Whurr Publishers, 2005 : 19-46.

Geuze RH, Kalverboer AF. Inconsistency and adaptation in timing of clumsy children. *J Mot Behav* 1987 ; 20 : 341-67.

Gheysen F, Van Waelvelde H, Fias W. Impaired visuo-motor sequence learning in developmental coordination disorder. *Res Dev Disab* 2011 ; 32 : 749-56.

Graham S, Berninger VW, Abbott RD, *et al.* Role of mechanics in composing of elementary school students: a new methodological approach. *J Educ Psychol* 1997 ; 89 : 170-82.

Graham S, Harris KR, Fink B. Is handwriting causally related to learning to write? Treatment of handwriting problems in beginning writers. *J Educ Psychol* 2000 ; 92 : 620-33.

Habib M. *La constellation des dys : bases neurologiques de l'apprentissage et de ses troubles*. Paris : De Boeck-Solal, 2014.

Hamstra-Bletz E, De Bie J, Den Brinker BPLM. *Beknopte beoordelingsmethode voor kinderhandschriften* [The concise assessment method for children's handwriting]. Lisse : Swets & Zeitlinger, 1987.

Huau A, Velay JL, Jover M. Graphomotor skills in children with developmental coordination disorder (DCD): handwriting and learning a new letter. *Hum Mov Sci* 2015 ; 42 : 318-32.

Hugues DC, Keelings B, Tuck BF. Effects of achievement expectations and handwriting quality on scoring essays. *J Educ Measur* 1983 ; 20 : 65-70.

Illingworth RS. The clumsy child. In : Bax M, Mckeith R (eds). *Minimal cerebral dysfunction in children*. Londres : Spastics Society/Heinemann, 1963 : 26-27.

Jolly C, Huron C, Albaret JM, *et al.* Analyse comparative des tracés de lettres cursives d'une enfant atteinte d'un trouble d'acquisition de la coordination et

scolarisée en CP avec ceux d'enfants ordinaires de GSM et de CP. *Psychologie Française* 2010 ; 55 : 145-70.

Jolly C, Gentaz E. Analysis of cursive letters, syllables, and words handwriting in a French second-grade child with developmental coordination disorder and comparison with typically developing children. *Front Psychol* 2014 ; 4 : 1022.

Jolly C, Huron C, Gentaz E. A one-year survey of cursive letter handwriting in a French second-grade child with developmental coordination disorder. *L'Année Psychologique* 2014 ; 114 : 421-45.

Kaiser ML, Albaret JM, Doudin PA. Relationship between visual-motor integration, eye-hand coordination, and quality of handwriting. *J Occup Ther Schools Early Interv* 2009 ; 2 : 87-95.

Kaiser ML, Soppelsa R, Albaret JM (eds). Aspects développementaux. In : *Troubles de l'écriture chez l'enfant*. Paris : De Boeck Solal, 2013 : 31-59.

Lopez C, Hemimou C, Dutruel A, et al. The developmental organization of the child handwriting gesture: preliminary results. *Clin Neurophysiol* 2016 ; 46 : 268.

Lundy-Ekman L, Ivry R, Keele S, et al. Timing and force control deficits in clumsy children. *J Cogn Neurosci* 1991 ; 3 : 370-77.

Markham LR. Influences of handwriting quality in teacher evaluation of written work. *Am Educ Res J* 1976 ; 13 : 277-83.

Marr D, Cermak S, Cohn ES, et al. Fine motor activities in head start and kindergarten classrooms. *Am J Occup Ther* 2003 ; 57 : 550-7.

Mchale K, Cermak SA. Fine motor activities in elementary school: preliminary findings and provisional implications for children with fine motor problems. *Am J Occup Ther* 1992 ; 46 : 898-903.

Meulenbroek RGJ, Van Galen GP. The acquisition of skilled handwriting: discontinuous trends in kinematic variables. In : Colley AM, Beech JR (eds). *Cognition and action in skilled behaviour*. Amsterdam : Elsevier, 1988 : 273-81.

Miller LT, Missiuna CA, Macnab JJ, et al. Clinical description of children with developmental coordination disorder. *Can J Occup Ther* 2001 ; 68 : 5-15.

Miyahara M, Piek JP, Barrett NC. Effect of postural instability on drawing errors in children: a synchronized kinematic analysis of hand drawing and body motion. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 705-13.

Mogasale VV, Patil VD, Patil NM, et al. Prevalence of specific learning disabilities among primary school children in a south indian city. *Ind J Pediatr* 2012 ; 79 : 342-47.

Nash-Wortham M. The clumsy, poorly co-ordinated child with associated speech, reading and writing difficulties. *Support for Learning* 1987 ; 2 : 36-9.

O'hare A, Khalid S. The association of abnormal cerebellar function in children with developmental coordination disorder and reading difficulties. *Dyslexia* 2002 ; 8 : 234-48.

Oliveira MA de, Shim JK, Fagundes Loss J, et al. Effect of kinetic redundancy on hand digit control in children with DCD. *Neurosci Lett* 2006 ; 410 : 42-6.

- Palluel-Germain R, Bara F, Hillairet De Boisferon A, *et al.* A visuo-haptic device – Telemaque – increases the kindergarten children’s handwriting acquisition. *IEEE WorldHaptics* 2007 ; 27-37.
- Paz-Villagran V, Gilhodes JC, Velay JL. Les enfants dysgraphiques sont-ils réellement plus lents que les autres ? *Développements* 2012 ; 4 : 38-44.
- Prunty MM, Barnett AL, Wilmut K, *et al.* Handwriting speed in children with developmental coordination disorder: are they really slower? *Res Dev Disab* 2013 ; 34 : 2927-36.
- Prunty MM, Barnett AL, Wilmut K, *et al.* An examination of writing pauses in the handwriting of children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disab* 2014 ; 35 : 2894-905.
- Racine M, Majnemer A, Shevell M, *et al.* Handwriting performance in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *J Child Neurol* 2008 ; 23 : 399-406.
- Ratzon NZ, Efraim D, Bart O. A short-term graphomotor program for improving writing readiness skills of first-grade students. *Am J Occup Ther* 2007 ; 61 : 399-405.
- Rosenblum S. Handwriting measures as reflectors of executive functions among adults with developmental coordination disorders (DCD). *Front Psychol* 2013 ; 4 : 357.
- Rosenblum S. Do motor ability and handwriting kinematic measures predict organizational ability among children with developmental coordination disorders? *Hum Mov Sci* 2015 ; 43 : 201-15.
- Rosenblum S, Livneh-Zirinski M. Handwriting process and product characteristics of children diagnosed with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 200-14.
- Rosenblum S, Weiss PL, Parush S. Product and process evaluation of handwriting difficulties. *Educ Psychol Rev* 2003 ; 15 : 41-81.
- Rosenblum S, Dvorkin AY, Weiss PL. Automatic segmentation as a tool for examining the handwriting process of children with dysgraphic and proficient handwriting. *Hum Mov Sci* 2006 ; 25 : 608-21.
- Rosenblum S, Livneh-Zirinski M. Handwriting process and product characteristics of children diagnosed with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 200-14.
- Sassoon R, Nimmo-Smith I, Wing AM. An analysis of children’s penholds. In : Kao HSR, Van Galen GP, Hoosain R (eds). *Graphonomics: contemporary research in handwriting*. Amsterdam : Elsevier, 1986 ; 2 : 93-106.
- Scordella A, Di Sano S, Aureli T, *et al.* The role of general dynamic coordination in the handwriting skills of children. *Front Psychol* 2015 ; 6 : 580.
- Schoemaker MM. The effects of physiotherapy on clumsy children’s drawing. *Handwriting Rev* 1993 ; 55-62.

- Sigurdsson E, Van Os J, Fombonne E. Are impaired childhood motor skills a risk factor for adolescent anxiety? Results from the 1985 UK Birth cohort and the National child development study. *Am J Psychiatr* 2002 ; 159 : 1044-6.
- Smits-Engelsman BC, Van Galen GP. Dysgraphia in children: lasting psychomotor deficiency or transient developmental delay. *J Exp Child Psychol* 1997 ; 67 : 164-84.
- Smits-Engelsman BC, Wilson PH. Noise, variability, and motor performance in developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2013 ; 55 : 69-72.
- Smits-Engelsman BC, Niemeijer AS, Van Galen GP. Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 161-82.
- Smits-Engelsman BC, Wilson PH, Westenberg Y, *et al.* Fine motor deficiencies in children with developmental coordination disorder and learning disabilities: an underlying open-loop control deficit. *Hum Mov Sci* 2003 ; 22 : 495-513.
- Smits-Engelsman BCM, Fiers MJ, Henderson SE *et al.* Interrater reliability of the movement assessment battery for children. *Phys Ther* 2008 ; 88 : 286-94.
- Sovik N, Maeland AF. Children with motor problems (clumsy children). *Scand J Educ Res* 1986 ; 30 : 39-53.
- Vaivre-Douret L, Lalanne C, Cabrol D, *et al.* Identification de critères diagnostiques des sous-types de troubles de l'acquisition de la coordination (TAC) ou dyspraxie développementale. *Neuropsychiatr Enfance Adolesc* 2011 ; 59 : 443-53.
- Van Der Linde BW, Van Netten JJ, Otten B, *et al.* Development and psychometric properties of the DCD daily: a new test for clinical assessment of capacity in activities of daily living in children with developmental coordination disorder. *Clinical Rehab* 2013 ; 27 : 834-44.
- Van Galen GP. Handwriting: issues from a psychomotor theory. *Hum Mov Sci* 1991 ; 10 : 165-91.
- Van Galen GP, Portier SJ, Smits-Engelsman BC, *et al.* Neuromotor noise and poor handwriting in children. *Acta Psychol* 1993 ; 82 : 161-78.
- Volman MJM, Van Schendel BM, Jongmans MJ. Handwriting difficulties in primary school children: a search for underlying mechanisms. *Am J Occup Ther* 2006 ; 60 : 451-60.
- Weil JM, Cunningham Amundson SJ. Relationship between visuomotor and handwriting skills of children in kindergarten. *Am J Occup Ther* 1994 ; 48 : 982-8.
- Weintraub N, Graham S. The contribution of gender, orthographic, finger function, and visual-motor processes to the prediction of handwriting status. *Occup Ther J Res* 2000 ; 20 : 121-40.
- Williams HG, Woollacott MH, Ivry RB. Timing and motor control in clumsy children. *J Mot Behav* 1992 ; 24 : 165-72.
- Zesiger P. *Écrire. Approches cognitive, neuropsychologique et développementale*. Paris : PUF, 1995.

III

Déficiences, mécanismes
et modèles explicatifs

8

Cognition

L'étude des fonctions cognitives telles que la perception, l'attention, les fonctions exécutives et la mémoire est essentielle à la compréhension des difficultés des individus présentant un TDC. En outre, il est important de prendre en compte d'éventuels troubles cognitifs dans le TDC car tous les enfants présentant des difficultés motrices développementales, quel que soit leur degré de sévérité, sont à risque de problèmes d'apprentissage, d'attention et de fonctionnement psychosocial (Dewey et coll., 2002⁵⁶). Par ailleurs, selon Michel et coll. (2018), la recherche de processus cognitifs sous-jacents au TDC est nécessaire pour comprendre l'étiologie et le pronostic. Néanmoins, il est actuellement difficile d'avoir une vision globale de la cognition dans le TDC.

Bien que les théories dynamiques et écologiques du contrôle moteur deviennent de plus en plus présentes dans les publications sur le TDC (voir Blank et coll., 2019 ; Wilson et coll., 2017a), la méta-analyse de Wilson et coll. (2013) et la revue systématique de Wilson et coll. (2017a) mettent en évidence que l'étude des fonctions de haut niveau dans le TDC est dominée par les théories cognitives depuis les années 1990. Cette approche considère que la production d'une réponse motrice est le résultat de la mise en œuvre de processus moteurs et cognitifs (Schmidt et Lee, 2002). Les deux équipes de recherches les plus représentatives dans ce domaine sont l'équipe de Peter Wilson située à Melbourne en Australie et celle de Chia-Lang Tsai située à Taïwan en Chine. Dans les publications, les processus cognitifs tels que la perception, l'attention, les fonctions exécutives, la métacognition et la mémoire sont envisagés de manière isolée. Ainsi, chaque publication traite d'un processus particulier, exploré par une méthode expérimentale spécifique, et donne lieu, la plupart du temps, à une conclusion en termes de déficits plutôt que de fonction préservée. Les protocoles consistent à comparer les performances à des tâches expérimentales de groupes de participants présentant un TDC aux performances de groupes contrôles ou dans

56. « *All children with developmental movement problems, no matter what the degree or severity are at risk for problems in learning, attention and psychological functioning.* » (Dewey et coll., 2002, p. 905).

la norme pour des tests neuropsychologiques standardisés. Les résultats présentés concernent des groupes (et donc des comparaisons de moyennes). Ils n'indiquent donc pas que tous les enfants présentant un TDC sont concernés par les déficits rapportés, d'autant plus qu'une grande diversité de cas est constatée. En outre, les déficits rapportés semblent aussi dépendre des tâches proposées. Or, en accord avec les approches dynamique et écologique de la motricité, il semble indispensable de prendre en compte l'interaction entre les particularités individuelles et les contraintes environnementales (exigences des tâches proposées) pour expliquer les déficits des TDC (Wilson et coll., 2017a ; 2017b ; Blank et coll., 2018). En d'autres termes, pour comprendre le déficit moteur, il semble important de prendre en compte le niveau de complexité de l'exercice moteur (Leonard et coll., 2015), mais aussi le rôle de la contrainte temporelle (puisque le TDC entraîne une lenteur dans la vitesse de traitement de l'information) (voir Bernardi et coll., 2016), la charge de mémoire de travail, le degré de perception visuo-spatiale et d'imagerie motrice requis.

Hétérogénéité des déficits perceptifs

Deux méta-analyses sur les processus cognitifs dans le TDC ont été réalisées par Wilson et son équipe (Wilson et McKenzie, 1998 ; Wilson et coll., 2013). La méta-analyse de Wilson et McKenzie (1998) porte sur 50 études réalisées de 1963 à 1996, correspondant à 374 tailles d'effet basées sur 983 TDC et 987 contrôles de 5 à 16 ans (diagnostiqués sur la base du DSM-IV). La méta-analyse de Wilson et coll. (2013) porte sur 129 études réalisées entre 1997 et 2011 avec 1785 tailles d'effets basés sur 2797 individus présentant un TDC et 3407 contrôles. Les deux méta-analyses révèlent des déficits perceptifs chez les individus présentant un TDC.

Peu d'études sur les déficits sensoriels primaires

Il semble important de préciser que les enfants porteurs d'un TDC ne présentent pas d'altération des organes de réception de l'information sensorielle (visuels et/ou auditifs notamment, ceci constituant des critères d'exclusion dans le DSM-5). Au niveau visuel, les études ne montrent pas de déficit dans les mesures de potentiels évoqués visuels enregistrés avec l'électroencéphalographie suggérant une préservation des voies visuelles (Mon-Williams et coll., 1994 et 1996 ; Wilson et McKenzie, 1998). Au niveau auditif, une étude ne montre pas de déficit auditif, mesuré à l'aide de potentiels évoqués auditifs (Mon-Williams et coll., 1994). Sur le plan

ophtalmique, selon Sumner et coll. (2016), les résultats sont controversés car certains indiquent une absence de différence entre les enfants présentant un TDC et ceux du groupe contrôle (Mon-Williams et coll., 1994), alors que d'autres trouvent que les enfants qui ont les difficultés motrices les plus sévères ont plus de risques de présenter une hypermétropie.

Hétérogénéité du déficit de perception visuelle

La perception visuelle n'est pas perturbée dans toutes les tâches

Les résultats ne sont pas unanimes concernant un déficit de perception visuelle chez les enfants présentant un TDC (Sumner et coll., 2016). Selon la méta-analyse de Wilson et McKenzie (1998 ; voir aussi Parush et coll., 1998 ; Schoemaker et coll., 2001), le déficit dans les tâches visuo-spatiales (VS) est retrouvé. Cependant, la taille de l'effet est majorée dans le cas de tâches impliquant la motricité (taille d'effet large : $r = 0,55$ versus taille d'effet modérée à large : $r = 0,43$ pour des tâches sans composante motrice). L'existence de ce déficit dans les tâches visuo-spatiales existe dans les tâches réalisées sous contrainte de temps comme dans les tâches réalisées à la vitesse que le sujet choisit. Une lenteur générale d'inspection visuelle est rapportée chez ces enfants (Piek et coll., 2007).

Wilson et coll., 2013, retrouve une large taille d'effet pour le déficit de la fonction sensori-perceptive incluant la détection de formes basiques, la détection de mouvements et le traitement de l'information visuo-spatiale avec et sans composante motrice.

Des travaux ultérieurs (Tsai et coll., 2008a ; Cheng et coll., 2014), portant sur une évaluation des habiletés perceptives avec le *Test of Visual-Perceptual Skills Revised* (TVPS-R) sur un grand échantillon d'enfants présentant un TDC ($n = 178$ enfants présentant un TDC et 200 enfants contrôles dans l'étude de Tsai et coll., 2008), précisent que ces derniers ont globalement un score total plus faible que les enfants du groupe contrôle mais pas tous et pas sur tous les sub-tests. Ceci pourrait être en partie dû à l'existence d'un sous-groupe d'enfants présentant des déficits de perception visuo-spatiale (Chaix et Albaret, 2014). Les conclusions récentes ne mettent pas en avant de déficit général visuel chez les enfants présentant un TDC (Sumner et coll., 2016). Il existe donc une hétérogénéité dans les troubles visuo-perceptifs au sein du TDC, avec une différence plus prononcée pour certains aspects. La perception visuelle des formes apparaît particulièrement affectée (discrimination visuelle, cohérence de forme visuelle (« visual form constancy ») de même que la complétion de forme (Tsai et coll., 2008a) et la

reconnaissance visuelle de formes testée avec une tâche de reconnaissance de figure à partir d'une figure incomplète⁵⁷ par Sigmundsson et Hopkins (2005). La méta-analyse de Wilson et coll. (2013) précise que les enfants présentant un TDC présentent non seulement une faible détection de formes statiques mais également de formes en mouvement. Sigmundsson et coll. (2003) interprètent ces déficits comme étant le reflet d'un dysfonctionnement des systèmes de traitement de l'information visuelle (voies visuelles extra-striées ventrale et dorsale). D'autres auteurs ont émis l'hypothèse selon laquelle la poursuite visuelle d'un objet pourrait être en lien avec un dysfonctionnement du cervelet, le cortex préfrontal, pariétal, les régions temporales médiales et le cortex visuel (Leonard, 2016), ce qui est cohérent avec les résultats d'une étude en neuro-imagerie montrant des activations atypiques de ces régions dans le TDC (Zwicker et coll., 2009).

La perception de mouvements/vitesses/distances a été étudiée de manière approfondie, mais sur un faible nombre d'enfants⁵⁸, par un groupe de recherche anglais. Les études portent sur le jugement de vitesse/distances chez les enfants présentant un TDC lors de mise en situation de traversées de route en présence d'automobiles (Purcell et coll., 2011). Les résultats indiquent que ces enfants présentent un déficit de jugement de la vitesse ainsi qu'un déficit de discrimination entre deux vitesses. Plus précisément, les enfants présentant un TDC ne distinguent pas si un véhicule dépasse la limite de vitesse autorisée et ils discriminent la vitesse de deux véhicules si l'un roule à 32 km/h et l'autre au-dessus de 164 km/h, alors que ceux qui ne présentent pas un TDC discriminent plus précisément entre 32 km/h et 85 km/h. Les auteurs trouvent également une corrélation entre le score au MABC-2 et les erreurs de discrimination de vitesse : plus la coordination motrice est perturbée, plus la difficulté à discriminer entre deux vitesses est importante. Ainsi, les TDCp (identifiés dans certains articles comme présentant un « TDC probable » car leurs résultats au MABC-2 sont compris entre le 5^e et le 15^e percentile) présentent des résultats équivalents aux enfants typiques en terme de jugement de vitesses, ils présentent, comme ceux présentant un TDC, une attitude prudente dans la décision de traverser ou non une route. Les auteurs ont émis l'hypothèse d'un manque d'expérience de la part des enfants présentant un TDC ou un TDCp pour expliquer ces résultats. Ils évoquent également le fait que des déficits dans la perception de vitesses pourraient entraîner des erreurs dans la décision de traverser ou non la route chez ces enfants.

57. *Illinois Test of Psycholinguistic Abilities*(ITPA)

58. 15 TD de 6 à 11 ans avec un score de MABC-2 >25^e percentile ; 9 DCD de 6 à 11 ans avec un score de MABC-2 < 5^e et 6 probables DCD de 7 à 11 ans avec un score de MABC-2 entre le 5 et le 16^e.

Lien perception visuelle – motricité

L'étude récente de Cheng et coll. (2014) indique que les scores au MABC-2 des enfants présentant un TDC sont corrélés avec différents scores aux tests perceptifs. La question du lien entre le déficit perceptif visuel et le déficit moteur a été discutée par Alloway (2006). Plusieurs hypothèses coexistent dans la littérature :

- une première hypothèse est que les déficits moteurs et visuels sont conjoints et s'expliquent par un dysfonctionnement commun. Cette hypothèse est étayée par les études montrant un dysfonctionnement cérébelleux dans le TDC (Lundy-Ekman et coll., 1991 ; Sigmundsson et coll., 2003 ; voir chapitre « Contrôle sensorimoteur ») ;
- une deuxième hypothèse est que les habiletés motrices et perceptives sont dissociées. Cette hypothèse est supportée par le fait que les performances visuelles (*Developmental Test of Visual Perception* : DTVP-2) et motrices (MABC) sont non corrélées (Lord et Hume, 1988 ; Henderson et coll., 1994 ; Schoemaker et coll., 2001) ou peu corrélées (Van Waelvelde et coll., 2004 ; Tsai et Wu, 2008) ;
- une troisième hypothèse intermédiaire, plus ancienne, est que les habiletés visuelles et motrices se développent indépendamment chez l'enfant typique mais que l'association entre troubles moteurs et visuels augmente avec la sévérité des déficits moteurs (Parush et coll., 1998). Cette hypothèse est en lien avec l'hypothèse du développement cérébral atypique (Kaplan et coll., 1998 ; Gilger et Kaplan, 2001) qui est une condition neuro-développementale généralisée reflétant des anomalies neurologiques diffuses communes à tous les troubles neuro-développementaux (TDA/H, TDC, dyslexie, etc.).

Dans l'hypothèse où il existe des liens directionnels entre perception visuelle et motricité, trois possibilités restent à explorer :

- une influence de la perception sur la motricité (approche *top-down* défendue par Wilson et McKenzie, 1998 ; Alloway, 2006) ;
- une influence de la motricité sur la perception (approche *bottom-up* défendue par Wade et coll., 2016) ;
- une interaction ou couplage entre la perception et l'action avec une influence mutuelle et permanente de l'une sur l'autre (approche écologique défendue par Wade et Kazeck, 2018 ou cognition incarnée défendue par Leonard, 2016). Selon cette perspective, la perception et l'action ne doivent pas être étudiée indépendamment puisque le déficit serait dû à un défaut de couplage perception – action et non à un déficit de perception ou de motricité (Wade et coll., 2005 ; Wade et Kazeck, 2018).

Importance de la prise en compte des troubles associés

L'étude de Crawford et Dewey (2008) a porté sur l'effet des troubles associés sur la perception visuelle via le *Test of Visual Perceptual Skills* (TVPS)⁵⁹. Les résultats indiquent que les enfants présentant un TDC sans trouble associé ne présentent pas de déficit de perception visuelle. La présence de déficit de perception visuelle est conditionnée par la présence d'association avec le TDA/H ou le déficit de lecture (voir aussi Loh et coll., 2011). Plus les troubles associés sont nombreux et plus le déficit perceptif est important. En revanche, lorsqu'il s'agit de raisonnement perceptif (évalué par le WISC-IV), les enfants présentant un TDC (avec ou sans comorbidité avec le TDA/H) présentent un déficit plus important que les enfants avec TDA/H seul et les enfants contrôles (Loh et coll., 2011).

Pour conclure, alors que le déficit de perception visuelle dans le TDC était au premier plan dans la méta-analyse de Wilson et McKenzie (1998), il prend une importance moindre par rapport à d'autres déficits (par ex., fonctions exécutives et imagerie motrice, que nous verrons plus loin) dans la méta-analyse de Wilson et coll. de 2013. Ceci peut être expliqué par le fait que les études mettent en avant une hétérogénéité des déficits, en fonction des tâches et des troubles associés. Enfin, le lien entre le déficit de perception visuelle et le déficit moteur reste à explorer.

Les autres modalités perceptives sont moins explorées

Si la modalité visuelle a été très explorée grâce à des tests ou des tâches expérimentales, les autres modalités sont beaucoup moins explorées.

Le déficit de perception des sensations kinesthésiques reste à confirmer

La perception kinesthésique correspond à la perception des déplacements de ses propres segments corporels lors de mouvements du corps. Dans leur méta-analyse, Wilson et McKenzie (1998) indiquent un déficit modéré de la perception kinesthésique (taille d'effet : $r = 0,40$). Ce résultat est basé sur des études assez anciennes qui suggèrent une acuité kinesthésique réduite chez les enfants présentant un TDC (Laszlo et coll., 1988 ; Coleman et coll., 2001 ; Smyth et Mason, 1998 ; Piek et coll., 1999) ou une amélioration de la motricité suite à un entraînement kinesthésique (Laszlo et coll., 1988) en contradiction avec des travaux ultérieurs (Polatajko et coll., 1995 ; Sims et

59. 188 enfants présentant TDC (n = 27), TDA/H (n = 11), TL (n = 14), TDC + TDA/H (n = 15), TDC + trouble de la lecture (TL) (n = 28), TDC + TDA/H + TL (n = 20) et 73 contrôles ont passé le test.

coll., 1996). La perception kinesthésique ayant fait l'objet de peu d'études ultérieures dans le TDC, son déficit reste donc à confirmer.

Il existe peu de travaux sur la perception des sensations haptiques

La perception haptique correspond à la perception des sensations tactiles et de pression exercées sur le corps. Quelques rares travaux révèlent un retard dans le développement de l'acuité proprioceptive chez les enfants présentant un TDC (Li et coll., 2015) ainsi que des difficultés dans le traitement des informations tactiles (O'Brien et coll., 2008) et de leurs localisations (Johnston et coll., 2017). Plus récemment, Wade et coll. (2016) ont testé vingt-quatre enfants contrôles (MABC-2 > 15^e percentile) et 24 enfants présentant un TDC (MABC-2 < 5^e percentile de 11-12 ans, droitiers). Les enfants devaient estimer la longueur d'un bâton par exploration manuelle (sans vision). Les résultats montrent que l'erreur d'estimation est plus grande chez les enfants présentant un TDC que chez les autres, d'autant plus que la longueur du bâton est grande, ce qui suggère un déficit de perception haptique dans le TDC. Les auteurs font l'hypothèse que ce déficit serait dû à un manque d'expérience motrice de ces enfants, qui ne pourraient pas développer un sens haptique mature. En l'absence d'autres études dans ce domaine, il est difficile de conclure sur un trouble généralisé de la perception haptique.

La perception auditive est également peu étudiée mais fait l'objet d'une attention grandissante

La perception auditive est très peu explorée dans le TDC. Une étude retrouve une perturbation de la stéréoacousie (par ex., une difficulté à localiser les sons) (Creavin et coll., 2014). Une autre étude (Holeckova et coll., 2014) porte sur l'enregistrement des signaux cérébraux à l'aide de l'électroencéphalographie lors d'une tâche passive de « oddball » auditive qui consiste à faire écouter des sons d'une même tonalité répétée puis à introduire de manière imprédictible un son de tonalité différente (voir aussi Cheliout-Heraut et coll., 2008). Les variations de l'activité cérébrale lors de l'introduction du son différent renseignent sur la détection précoce de la différence de tonalité. Les résultats de cette étude indiquent que les enfants présentant un TCD sont moins capables de détecter des petites différences entre deux *stimuli* acoustiques (moins de variation de l'activité cérébrale à l'introduction du son différent). Ces résultats méritent d'être répliqués, en ajoutant des résultats comportementaux en plus des résultats électrophysiologiques, pour confirmer un déficit de perception auditive dans le TDC. Ceci est d'autant plus important que les déficits de synchronisation auditivo-motrice rapportés

par de nombreux travaux (Williams et coll., 1992 ; Withall et coll., 2006 et 2008 ; Roche et coll., 2011 et 2016 ; Rosenblum et Regev, 2013 ; Puyjarinet et coll., 2017) pourraient en partie être expliqués par des déficits de discrimination de sons. La discrimination de durée mériterait également d'être étudiée. En effet, un déficit de perception temporelle auditive a été très récemment mis en avant et des travaux préliminaires confirment cette hypothèse (Trainor et coll., 2018).

La perception intermodale reste une hypothèse

Selon la méta-analyse de Wilson et McKenzie (1998), il existe un déficit de la perception inter-modale, c'est-à-dire la capacité à traduire les informations d'une modalité en une autre modalité, avec un effet de taille modéré ($r = 0,34$). Ce résultat est basé sur des travaux anciens suggérant que les informations tactiles, proprioceptives, vestibulaires seraient mal intégrées chez les enfants présentant un TDC (Ayres, 1972). La seconde méta-analyse de Wilson et coll. (2013) retrouve ce déficit en se basant sur des travaux suggérant que ces enfants ont des difficultés à retrouver visuellement une cible explorée tactilement au préalable (par ex., Mon-Williams et coll., 1994 et 1999 ; Sigmundsson et coll., 1997 ; Sigmundsson, 1999). Néanmoins, ces travaux concernent des enfants avec un diagnostic de maladresse ou de difficultés de coordination œil-main et les tâches proposées nécessitent un contrôle moteur important ce qui pourrait biaiser les résultats.

Une piste à explorer : l'intégration multisensorielle pro-active (pré-mouvement)

L'intégration multisensorielle correspond à l'intégration d'informations provenant de 2 modalités sensorielles ou plus (Stein et Meredith, 2013). Classiquement, le Temps de Réaction (TR) moyen de sujets adultes sains associé à la présentation de *stimuli* audio-visuels est amélioré comparé au TR associé à la présentation de *stimuli* visuels ou auditifs seuls. C'est un domaine qui a été très récemment exploré dans le TDC. Seule une étude de Coats et coll. (2015) a testé le TR associé à un stimulus visuel, auditif ou les deux chez 10 enfants présentant un TDC (MABC-2 < 9^e percentile) et 10 enfants contrôles (MABC-2 > 50^e percentile) de 7-10 ans. Les résultats indiquent que, comme les enfants du groupe contrôle, ceux qui présentent un TDC bénéficient de la multimodalité pré-mouvement pour améliorer leur TR. Ainsi, les enfants présentant un TDC ne présentent pas de déficit d'intégration multisensorielle sur la vitesse de traitement de l'information, en amont de la réponse motrice. En revanche, les enfants présentant un TDC bénéficient moins de la multimodalité que les enfants du groupe contrôle pour

accélérer la réponse motrice elle-même (voir chapitre « Contrôle sensorimoteur »).

Pour résumer, les travaux sur la perception dans le TDC sont essentiellement centrés sur la perception visuelle. Les perturbations de la perception visuelle sont fréquentes dans le TDC et doivent être explorées en prenant en compte la nature des tâches et des *stimuli* (tâches motrices et non motrices, formes, mouvement, longueurs, tailles, localisation, distance/vitesses), leur composante mnésique, l'existence ou non d'une la contrainte temporelle et les troubles associés (TDA/H et troubles spécifiques du langage notamment). Les liens directionnels entre les déficits perceptifs et moteurs restent à explorer, ainsi que les bases cérébrales associées aux éventuels déficits.

La nature et l'étendue d'un possible déficit attentionnel restent à clarifier

Plusieurs éléments vont dans le sens d'une perturbation de l'attention dans le TDC, mais la nature et l'étendue des déficits attentionnels restent à clarifier, notamment en les comparant aux déficits des enfants présentant un TDA/H (Goulardins et coll., 2015).

Quelques études basées sur des questionnaires rapportent que l'attention peut poser problème dans la vie quotidienne

L'idée selon laquelle les enfants ayant des problèmes moteurs ont fréquemment des problèmes attentionnels associés est assez répandue (Kaplan et coll., 1998 ; Dewey et coll., 2002). De même, les enfants ayant des problèmes attentionnels ont souvent des problèmes moteurs associés (Piek et coll., 1999 ; Pitcher et coll., 2003). De plus, l'association entre TDC et TDA/H est élevée (voir chapitre « Troubles associés ») ce qui suggère l'hypothèse d'une étiologie commune (Goulardins et coll., 2015), formalisée par l'hypothèse d'un développement cérébral atypique (Kaplan et coll., 1998 ; Gilger et Kaplan, 2001). En Suède, cette co-existence TDC-TDA/H a même fait l'objet d'une appellation à part entière : le déficit d'attention, de contrôle moteur et de perception (DAMP ; Gillberg, 1988). Mais cette appellation n'est pas reprise dans les autres pays.

L'étude de Dewey et coll. (2002) rapporte que les enfants présentant un TDC (N = 51) ou un TDC probable (TDCp), inclus à partir des tests BOTMP, MABC et DCDQ, obtiennent des scores au questionnaire *Child Behaviour Checklist* (CBCL, Achenbach, 1991) plus faibles sur les mesures

de l'attention en comparaison aux enfants contrôles (N = 78). Ces résultats indiquent que l'attention pourrait poser problème dans la vie quotidienne des enfants.

Les études qui évaluent l'attention à l'aide de questionnaires remplis par les parents restent subjectives et ne contrôlant pas la présence d'un TDA/H, il est nécessaire de se baser sur les études expérimentales pour confirmer la possibilité d'un déficit attentionnel dans le TDC. L'évaluation expérimentale de l'attention a fait l'objet de plusieurs publications évaluant les différentes formes d'attention : soutenue, préparatoire, divisée, sélective et l'orientation de l'attention. Certains types d'attention ont été plus explorés que d'autres dans les études expérimentales, mais il semble que le déficit ne soit pas général.

L'attention soutenue est peu explorée

L'attention soutenue est la capacité à maintenir son attention durant certaine une période de temps variant entre plusieurs secondes pour certains auteurs (Langner et Eickhoff, 2013) et au moins 10 minutes pour d'autres auteurs (Zimmermann et Fimm, 2002 ; Zomeren et coll., 1994) lors d'une tâche monotone. Il existe peu d'études portant spécifiquement sur l'attention soutenue dans le TDC. Un test permettant de mesurer ce processus est le *Continuous Performance test* (CPT ; Conners et coll., 2003) dans lequel les sujets doivent, pendant 14 minutes, regarder des lettres défiler sur un écran et appuyer sur un bouton chaque fois que la lettre X apparaît. Dans l'étude de De Castelnau et coll. (2007), 24 enfants présentant un TDC sans TDA/H de 8 à 13 ans et 60 enfants contrôles passent une version modifiée du CPT dans lequel des lettres leur sont présentées sur un écran une par une pendant 200 ms. Ils doivent appuyer sur la barre « Espace » chaque fois que la lettre présentée est identique à la précédente. Les résultats indiquent un pourcentage de réponses correctes inférieur chez les enfants présentant un TDC comparés aux contrôles. Les auteurs concluent que les enfants présentant un TDC ont une perturbation de l'attention soutenue, mais sans lien avec leurs performances motrices puisque les scores au CPT ne sont pas corrélés aux performances évaluées sur une tâche motrice (de synchronisation-continuation). Il faut noter néanmoins, que la modification de la tâche introduit une composante mnésique (mémoire de travail) même si elle est minime.

Une autre manière d'étudier l'attention est d'enregistrer les oscillations cérébrales liées à l'attention (ondes alpha pariéto-occipitales) à l'aide de l'ElectroEncéphaloGraphie (EEG). C'est ce qu'on fait Fong et collaborateurs (Fong et coll., 2016) pendant la réalisation du test M-ABC. L'étude révèle que,

lors de la réalisation des épreuves du M-ABC, les enfants présentant un TDC (avec ou sans comorbidité avec un TDAH) ont des activations des régions cérébrales attentionnelles moindres comparés à des enfants contrôles du même âge. Ces résultats pourraient suggérer que les enfants présentant un TDC ont moins de ressources attentionnelles pour réaliser des activités motrices, ceci pourrait impacter leurs performances.

Des études supplémentaires seront nécessaires pour pouvoir confirmer ou infirmer ces premiers éléments en faveur d'une perturbation de l'attention soutenue dans le TDC.

La question d'un déficit d'attention préparatoire dans le TDC reste ouverte

L'attention préparatoire est la capacité à utiliser un pré-indiçage (« pre-cueing ») pour augmenter son niveau de vigilance afin de se préparer à un événement futur. Il n'existe aucun article qui traite spécifiquement la question de l'attention préparatoire à proprement parler dans le TDC. Pourtant, il y a plus de 20 ans, Wilson et coll. (1997a) stipulaient qu'il serait particulièrement intéressant d'examiner la capacité à utiliser des indices visuels dans la réalisation d'une tâche motrice. L'indiçage a été testé dans plusieurs études évaluant l'utilisation de pré-indiçages dans des tâches de pointage ou de préhension. Ces études ont révélé, dans le TDC, un déficit d'utilisation d'un indice spatial (Mon-Williams et coll., 2005 ; Pettit et coll., 2008 ; Wilmot et Wann, 2008) ou temporel (Debrabant et coll., 2013). La question d'un déficit d'attention préparatoire dans le TDC reste donc ouverte.

Les processus d'orientation de l'attention sont les plus étudiés dans le TDC : l'orientation automatique de l'attention est préservée mais son contrôle volontaire est déficitaire

Les processus d'orientation de l'attention correspondent à la capacité à déplacer un focus attentionnel vers une cible. Ils sont le plus souvent mesurés par des tâches d'orientation de l'attention visuo-spatiale (COVAT). Dans ces tâches, le sujet fixe le centre de l'écran jusqu'à ce qu'un indice oriente son attention vers une localisation de l'écran où un stimulus cible apparaîtra dans un second temps. L'indice peut orienter automatiquement l'attention vers la localisation du stimulus à venir (indice exogène, par exemple un point présenté à gauche qui capte l'attention à gauche) ou il peut nécessiter une orientation volontaire de l'attention (indice endogène, par exemple une

flèche centrale pointant vers la gauche). Les indices peuvent être valides (la localisation indiquée par l'indice et la localisation du stimulus cible sont congruentes) ou invalides (les 2 localisations ne sont pas congruentes). On mesure le temps de réaction du sujet à la présentation du stimulus cible. Le plus souvent on compare les temps de réactions dans les conditions avec indices aux temps de réactions dans une condition sans indice. On observe une réduction des temps de réaction dans les conditions avec indices valides comparées à la condition sans indice et une augmentation des temps de réaction dans les conditions avec indices invalides comparées à la condition sans indice.

Jusqu'à présent, neuf études ont comparé les performances d'enfants présentant ou non un TDC sur la tâche de COVAT. L'équipe taïwanaise du professeur Tsai y a largement contribué (voir Adams et coll., 2014 pour une revue systématique).

De manière générale, les études mettent en évidence des performances lors des tâches de COVAT relativement préservées, dans le TDC, dans des conditions d'orientation exogènes de l'attention, ce qui suggère que les processus automatiques de déplacement attentionnel sont épargnés. En revanche, l'ensemble des études retrouve une perturbation des performances dans les conditions où l'indice est endogène. Certains auteurs expliquent cette perturbation par un déficit du contrôle volontaire de l'orientation de l'attention (Wilson et coll., 1997) alors que d'autres suggèrent une difficulté à désengager l'attention de la localisation indiquée par l'indice, retardant son orientation vers la position de la cible (Mandich et coll., 2003). Une troisième hypothèse, plus récente, avance un problème de contrôle des mouvements oculaires (Adams et coll., 2014 ; Sumner et coll., 2016). Ces trois hypothèses restent plausibles à l'heure actuelle.

Des résultats complémentaires indiquent que le déficit est d'autant plus marqué qu'une réponse motrice est initiée (Mandich et coll., 2003). Il ne semble pas exister d'effet de l'effecteur (membres supérieur ou inférieur) et d'effet de latéralité pour les membres supérieurs seulement, ni de corrélation entre le déficit d'inhibition et le score au MABC (Tsai et coll., 2009), second résultat en accord avec Wilson et Maruff (1999). De plus, d'après Chen et coll. (2012), il n'y a pas d'effet de la sévérité du TDC sur les résultats à la tâche de COVAT.

Concernant le lien entre les résultats à la tâche de COVAT et la motricité, une étude échoue à montrer une corrélation significative entre les performances de la tâche d'orientation de l'attention et le score moteur pour les TDC sévères (Chen FC et coll., 2012). Néanmoins, les études de Tsai (2009

et 2012) suggèrent qu'un programme d'intervention en tennis de table et football améliore à la fois les performances attentionnelles telles qu'elles sont mesurées par les tâches de type COVAT et la motricité (MABC) et modifie l'activité cérébrale (Potentiels évoqués, diminution de la latence de P3), même si ces paramètres ne se normalisent pas. Il faut préciser que dans ces études, les enfants, âgés de 7 à 12 ans, ont un score au MABC < 15^e ou 5^e percentile, et que ceux présentant un TDA/H sont exclus seulement sur une partie des critères du DSM-IV-TR. Des mesures de certaines variables confondantes (MDT, QI, etc.) auraient également été appréciées.

Trois études de l'équipe de Tsai ont tenté de trouver les corrélats cérébraux du déficit de l'orientation de l'attention à l'aide de l'EEG pendant la COVAT (Tsai et coll., 2009 et 2010 ; Wang et coll., 2015). Typiquement, les processus d'orientation de l'attention sont associés à une activation des régions pariétales postérieures et des circuits fronto-pariétaux, avec un réseau pariétal dorsal pour les processus d'orientation volontaires (endogènes) et un réseau pariétal ventral pour les processus d'orientation automatiques (exogènes). Les résultats de Tsai et coll. (2009 et 2010) ont mis en évidence des potentiels évoqués (PE) atypiques chez les enfants présentant un TDC mais pas spécifiquement au niveau des régions pariétales. Selon Wang et coll. (2015), l'absence de modulation des ondes thêta frontales chez les enfants présentant un TDC pourrait suggérer un déficit attentionnel mais ne permet pas d'exclure un déficit d'intégration sensorimotrice. Les corrélats cérébraux des perturbations observées dans les tâches d'orientation de l'attention restent donc à clarifier.

Un déficit d'attention sélective reste à confirmer

L'attention sélective correspond à la capacité à sélectionner une information spécifique parmi des *stimuli* sensoriels multiples (distracteurs). Plusieurs auteurs ont cherché à observer dans quelle mesure des distractions de natures différentes pouvaient interférer avec la réalisation de tâches motrices. Ces travaux donnent des informations sur les processus de sélection/orientation attentionnelle dans la mesure où le sujet doit focaliser son attention sur les *stimuli* pertinents et ignorer les distracteurs. Ainsi, Miyahara et coll. (2006) proposent un protocole avec une tâche de tracé précis à réaliser en même temps qu'une tâche concurrente de résistance à des distracteurs, proposée dans 6 conditions différentes (1 condition contrôle et 5 conditions interférentes). 60 enfants de 7 à 13 ans dont 16 TDC-ID, 10 TDA/H, 11 TDA/H+DCD-ID et 23 contrôles ont passé l'ensemble des 6 conditions. Les résultats ne montrent aucune différence de groupes entre les conditions. La limite

de cette étude est qu'il n'existe pas de différence entre les conditions de distraction et la condition de base, même pour les contrôles, ce qui suggère que les tâches interférentes proposées n'ont pas eu l'effet distracteur escompté. Cette étude comporte donc des limites importantes qui ne permettent pas de conclure. Dans l'étude de Jarus et coll. (2015), les participants devaient apprendre une tâche motrice de poursuite d'une cible à trajectoire prédictible à l'aide d'un joystick, soit en se focalisant sur les informations internes provenant de leur corps (le mouvement lui-même) produit par les segments corporels, soit en se focalisant sur les informations provenant de l'environnement (le résultat du tracé en cours). Les résultats suggèrent que les enfants présentant un TDC ne présentent pas de différence entre les conditions de focus interne ou externe. Néanmoins, cette différence, pourtant attendue, n'a pas non plus été retrouvée chez les enfants contrôles. Sans cette condition, il n'est pas possible de conclure à une différence d'impact des tâches distractrices sur la tâche motrice induite par le TDC. Dans l'étude plus récente de Sumner et coll. (2016), les participants étaient équipés d'un oculomètre et devaient réaliser une tâche de poursuite visuelle de cibles. Les auteurs trouvent une augmentation des saccades anticipatrices pendant la poursuite de cible chez les enfants présentant un TDC comparés aux enfants contrôles, ce qui suggère un déficit de maintien du focus attentionnel. Cependant, seules des études supplémentaires avec plus de participants et un contrôle du focus attentionnel pourraient confirmer ce résultat.

L'attention divisée, mesurée par la double tâche, peut être déficitaire si la tâche cognitive ou motrice est complexe

L'attention divisée correspond à la capacité à partager son attention entre deux sources d'informations concomitantes. Elle est classiquement testée par un paradigme de double tâche durant lequel on mesure la différence de performance d'un sujet lorsqu'il réalise la tâche principale seule ou en même temps qu'une tâche secondaire. Dans ces études, plus la différence de performance est faible et plus la tâche principale est considérée comme automatisée (Passingham, 1996). À l'heure actuelle, 6 études ont testé le paradigme de double tâche dans le TDC. Diverses tâches principales ont été testées, comme la posture, la marche ou la conduite automobile. Comme le montre le tableau 8.I, 2 études ne retrouvent pas de différence entre les groupes d'enfants présentant un TDC et contrôle et 4 études retrouvent une différence, mais uniquement si la tâche principale est assez complexe. Reste à savoir comment déterminer *a priori* si une tâche est complexe ou pas. Le problème est que la majorité de ces études présentent des biais méthodologiques importants, en ne proposant pas de tâche secondaire ou en n'en

contrôlant pas la performance ni systématiquement la comorbidité avec le TDA/H. Il n'en reste pas moins qu'il semble que la réalisation de deux tâches motrices concurrentes perturbe plus les enfants présentant un TDC que ceux du groupe contrôle (Wilmot et coll., 2007). Les résultats des études portant sur le paradigme de double tâche ne sont pas unanimes mais la possibilité d'un déficit d'attention divisée dans le TDC n'est donc pas exclue. Des recherches plus rigoureuses sur le plan méthodologique doivent être menées pour confirmer dans quelles conditions ce déficit se manifeste.

Pour résumer, la littérature scientifique n'apporte pas de preuve d'un déficit général d'attention dans le TDC, ce qui est cohérent avec le fait que l'attention n'est pas une fonction cognitive retrouvée comme déficitaire dans la méta-analyse de Wilson et coll. (2013). Néanmoins, les résultats portant sur une perturbation des processus volontaires de l'orientation de l'attention retrouvée dans la tâche de COVAT semblent robustes, bien que les mécanismes qui la sous-tendent restent à préciser. En revanche, le faible nombre d'études portant sur les autres composantes du système attentionnel ne permet pas de porter des conclusions définitives quant à leur éventuelle perturbation. Des études sur la comparaison des patterns de perturbations des différentes formes d'attention chez les enfants présentant un TDC et ceux présentant un TDA/H pourraient apporter des informations sur la spécificité des troubles attentionnels dans le TDC.

De nombreuses études retrouvent une perturbation de certaines fonctions exécutives dans le TDC

Il existe un grand nombre de travaux sur les fonctions exécutives (FE) dans le TDC. Il faut dire que les fonctions exécutives regroupent plusieurs fonctions cognitives complexes (planification, inhibition et l'administrateur central de la mémoire de travail) qui permettent de réaliser des tâches nouvelles ou difficiles avec des conditions changeantes ou des contraintes temporelles élevées ou encore une très forte exigence de précision (Hughes et Graham, 2002), ce qui amène les auteurs à les qualifier de terme générique (« umbrella term ») (voir par exemple Piek et coll., 2004 ou Pratt et coll., 2014). La méta-analyse de Wilson et coll. (2013) montre que les fonctions exécutives sont touchées avec des tailles d'effets très larges. Ce déficit est de nouveau mis en avant dans la publication très récente de Blank et coll. (2018).

Piek et coll. (2007, DMCN) trouvent un déficit de FE plus important chez les enfants présentant un TDC que chez les enfants présentant un TDA/H. Le déficit de fonctions exécutives est également retrouvé chez les personnes

Tableau 8.1 : Tableau récapitulatif des 6 études portant sur l'attention divisée

Référence	Participants	Méthode	Résultat	Limites	Prise en compte du TDAH
Wilmut et coll., 2007	3 groupes d'enfants contrôles (18 de 3,1 ans, 18 de 4,1 ans et 10 de 7,8 ans) et un groupe de TDC (7 de 7,5 ans)	Tâche d'attention visuelle avec 2 conditions : Simple tâche visuelle (oculomotricité) comparée visuelle + motrice (oculomotricité + réponse manuelle). Enregistrement de réponses oculomotrices et manuelles.	Les TDC présentent un déficit dans la condition « observe et pointe » quand ils produisent deux réponses motrices simultanées (oculomotrice et manuelle).	La tâche secondaire n'est pas cognitive	Non
Lauer et coll., 2008	26 enfants avec TDC (5,1 +/- 0,59 ans) et 20 enfants contrôles (5,0 +/- 0,57 ans)	Une tâche posturale consistant à rester debout sur une surface + une double tâche cognitive impliquant de nommer des objets apparaissant consécutivement sur un écran.	Le groupe avec TDC présente une dégradation de la performance sur la tâche posturale mais pas de dégradation supérieure pour la double tâche : la tâche cognitive concurrente dégrade la posture dans les deux groupes indifféremment.	La performance cognitive est plus affectée par la double tâche dans le groupe contrôle, suggérant que les TDC priorisent la tâche cognitive comparés aux contrôles. -> Pas de réponse sur le possible déficit d'attention partagé chez les TDC.	Oui : 3 enfants non inclus car déficit attentionnel
Tsai et coll., 2009	39 enfants contrôles et 39 enfants avec un TDC ayant un déficit d'équilibre	Tâche d'équilibre avec 5 tâches secondaires : comptage oral, temps de réaction auditivo-verbal, temps de réaction de choix auditif, tâche de mémoire auditive, articulation)	Dégradation de l'équilibre plus importante chez les TDC, seulement lors de conditions plus complexes (comptage, TR auditivo-verbal, mémoire auditive, et pas TR de choix auditif et articulation)	Les auteurs concluent que les TDC ont un déficit d'automatisation. Néanmoins, les TDC peuvent aussi présenter moins de capacité de partage des ressources attentionnelles. -> Pas de mesure de la performance sur la tâche secondaire	Oui : sur la base du <i>ADHD Rating Scale</i> et des critères du DSM-IV

Tableau 8.1 (suite) : Tableau récapitulatif des 6 études portant sur l'attention divisée

Référence	Participants	Méthode	Résultat	Limites	Prise en compte du TDAH
Cherng et coll., 2009	14 enfants avec TDC (5,5 +/- 0,7 ans) et 28 enfants contrôles (5,3 +/- 0,7 ans) (DCD < 15%)	Marche avec ou sans double tâche motrice ou cognitive plus ou moins complexe	Dégradation de la marche plus importante chez les TDC seulement si la tâche concurrente est motrice et difficile	Les auteurs n'ont pas mesuré la performance de la tâche concurrente. L'effet de la difficulté pourrait être dû à la double utilisation d'informations visuelles (marche en tenant un plateau avec des billes à l'intérieur vs plateau sans billes) et non à un déficit d'attention partagée.	Oui : non inclusion des enfants présentant un TDAH ou un déficit intellectuel.
Oliveira et coll., 2011	23 jeunes adultes contrôles (18,6 +/- 1,9 ans) et 11 avec TDC (18,6 +/- 2,3 ans).	Expérience 1 : Tâche de conduite automobile seule. Expérience 2 : condition de freinage avec réponse verbale à des stimuli sonores. Les consignes sont de se focaliser sur le freinage (tâche prioritaire) tout en répondant aux stimuli.	Résultats Expérience 1 : dégradation freinage pour les TDC comparés aux contrôles Résultats Expérience 2 : Réponses plus lentes dans la condition de distraction pour les deux groupes, sans différence de groupe.	Les auteurs précisent qu'il semble que les TDC omettent plus de réponses verbales que les contrôles mais cette variable n'a pas été enregistrée. -> Pas de réponse sur le possible déficit d'attention partagée chez les TDC.	Non
Chen et coll., 2012	38 enfants contrôles (9,21 +/- 0,41 ans) et 38 enfants avec TDC (9,37 +/- 0,49 ans)	Tâche d'équilibre avec double tâche cognitive de mémoire de chiffres de 2 niveaux de difficulté	Les deux groupes présentent une perturbation de l'équilibre en condition de double tâche avec un haut niveau de difficulté, mais d'autant plus pour les enfants avec TDC. Les enfants contrôles sont plus perturbés par le haut niveau de difficulté de la double tâche que par le bas niveau de difficulté de la double tâche alors que ce n'est pas le cas des enfants avec TDC.	Il est possible que les TDC présentent un déficit d'attention partagée dans le TDC -> Il manque une tâche contrôle (simple tâche) pour connaître les effets de la double tâche	Oui : évalué par le <i>Attention-Deficit-Hyperactivity Disorder Diagnostic Teacher Rating Scale (ADHD-DTRS)</i>

ANALYSE

présentant un TDC probable, même si l'attention est contrôlée (Tal Saban et coll., 2014 ; Leonard et coll., 2015) mais toutes les FE ne sont pas corrélées au score moteur (Piek et coll., 2004).

Certaines fonctions apparaissent plus touchées que d'autres

La revue de littérature récente de Leonard et coll. (2015) porte sur 5 fonctions dans le TDC en fonction du domaine (moteur, VS ou verbal) permettent en effet de constater que certaines fonctions sont plus étudiées que d'autres. Les résultats indiquent clairement que la MDT, l'inhibition, la planification sont plus étudiées que la flexibilité ou la fluence.

Une perturbation de la mémoire de travail visuo-spatiale a été retrouvée dans plusieurs études

Précisons d'emblée que si la mémoire de travail est généralement classée dans les fonctions exécutives dans la littérature sur le TDC, elle comporte aussi des composantes qui ne sont pas des fonctions exécutives (boucle phonologique et calepin visuo-spatial).

La mémoire de travail a été étudiée par Alloway et coll. depuis les années 2000. Les travaux révèlent de manière concordante que les 4 composantes peuvent être affectées (MDT V, VS, MCT V, VS). Le déficit est plus particulièrement centré sur la MDT VS, même en prenant en compte le QI (voir aussi Tsai et coll., 2008a). Il existe dans un grand nombre d'études une corrélation entre la MDT VS et le score au MABC-2 (Piek et coll., 2004 ; Alloway, 2007 ; Alloway et Temple, 2007 ; Alloway et Archibald, 2008 ; Michel et coll., 2011 ; Rigoli et coll., 2012 ; Pratt et coll., 2014). Une corrélation entre la MDT et les habiletés scolaires chez les enfants présentant un TDC est rapportée par Alloway (2007 ; voir également Michel et coll., 2011 ; Kadesjo et Gillberg, (1999, citée par Alloway et Warner, 2008). L'étude d'Alloway (2007) indique qu'un sous-groupe d'enfants porteur d'un TDC avec MDT VS déficitaire (n = 35) présente plus d'échec scolaire qu'un sous-groupe avec MDT VS préservé (n = 20), même en tenant compte du QI. Ces résultats soulignent l'intérêt d'une évaluation précoce de la MDT.

Par ailleurs, des études montrent que le déficit est plus prononcé chez les enfants présentant un TDC que pour ceux présentant d'autres troubles neuro-développementaux (trouble des apprentissages, TDA/H, trouble du spectre de l'autisme – TSA, trouble spécifique du langage oral – TSLO, dyslexie) DD) (MDT VS similaire TDC – TDA/H) (Alloway, 2007 et 2011 ; Alloway et Temple, 2007 ; Alloway et Archibald, 2008). Ainsi, les enfants présentant

un TDC présenteraient un profil de déficit de MDT particulier (visuo-spatial épargnant la MDT auditivo-verbale), ce qui est en défaveur de l'hypothèse d'un Développement Cérébral Atypique commun à l'ensemble des troubles neuro-développementaux (Kaplan et coll., 1998).

Le lien entre motricité et mémoire de travail a été précisément exploré dans l'étude de Rigoli et coll. (2013). Plusieurs études avaient déjà montré la corrélation entre motricité et MDT chez des enfants sans trouble (Murray et coll., 2006 ; Ridler et coll., 2006 ; Piek et coll., 2008 ; Roebbers et Kauer, 2009 ; Niederer et coll., 2011). Rigoli et coll. (2013) ont examiné les corrélations entre le score moteur et la MDT lors d'une étude longitudinale de 18 mois chez des enfants de 5 à 11 ans avec et sans difficultés motrices. Les résultats montrent que le score de motricité fine (évalué par le test de McCarron) prédit le score de MDT (évalué par un test de One back) 18 mois plus tard chez les enfants avec difficultés motrices et pas chez des enfants contrôles. Le score de MDT prédit le score moteur 18 mois plus tard pour les deux groupes. Les auteurs concluent qu'il existerait un lien réciproque entre le score de motricité fine et le score de MDT chez les enfants avec difficultés motrices seulement.

Selon Rigoli et coll. (2013), il est possible que le manque de pratique d'activités physiques (AP) entraîne un déficit moteur et cognitif. L'étude d'Alloway et Warner (2008) a testé les effets d'un programme de 13 semaines d'intervention « Brain Gym », basé sur des exercices de motricité, sur la MDT et les habiletés scolaires chez des enfants présentant un TDC et un pTDC (n = 10). Les résultats indiquent que, comparés à un groupe contrôle ne pratiquant pas le programme (n = 10), les enfants bénéficiant du programme d'intervention ont amélioré significativement leur MDT VS mais pas les habiletés scolaires. Il existerait donc un effet spécifique du programme, mais pas d'effet de transfert sur les habiletés scolaires. Cette étude présente donc des résultats intéressants mais on peut regretter plusieurs limites importantes. Par exemple, les critères d'inclusion n'étaient pas clairs (basés seulement sur le questionnaire du MABC et incluent des TDC probables) et le nombre d'enfants de chaque groupe est très faible. De plus, on ne peut pas exclure que les effets de l'intervention soient uniquement liés à la relation établie avec les intervenants car le groupe contrôle n'a bénéficié d'aucune intervention. De nouvelles études sur les effets de la rééducation psychomotrice pour améliorer la MDT et les apprentissages scolaires sont donc nécessaires pour mieux comprendre les éventuels liens entre déficit moteur et trouble de la MDT VS.

Un déficit de la MDT VS est retrouvé de manière concordante dans la littérature scientifique. Cependant, les travaux sur la MDT émanent de la

seule équipe d'Alloway et nécessitent d'être répliqués. Les critères d'inclusion sont discutables (scores MABC, QI, médication des TDA/H). En outre, les tâches expérimentales utilisées présentent des difficultés d'interprétation liées notamment au fait de ne pas pouvoir stocker des informations visuo-spatiales dans le calepin visuo-spatial (ne relevant donc pas des fonctions exécutives) et d'autres qui sont liées au fait de ne pas pouvoir les manipuler (donc l'administrateur central exécutif). Enfin, il est également possible que le trouble de MDT VS présenté par les enfants présentant un TDC soit (au moins en partie) dû à la présentation dynamique des *stimuli* du test d'évaluation AWMA (*Automated Working Memory Assessment*, Alloway, 2007) qui implique une forte composante de rotation mentale qui, comme nous le verrons dans la partie sur les fonctions d'imagerie mentale, est aussi retrouvée déficitaire.

Peu d'évidence d'un déficit de flexibilité mentale

Peu d'études se sont intéressées à la flexibilité mentale chez les enfants présentant un TDC et les résultats sont contradictoires. Selon les études de Michel et coll. (2011) et de Piek et coll. (2004), qui ont testé des tâches de type *Cognitive Flexibility task* requérant de donner des réponses en alternant des catégories, les enfants présentant un TDC ne présentent pas de déficit. Selon les études de Wuang et coll. (2011) et de Piek et coll. (2007), qui ont testé des tâches de type *Wisconsin Card Sorting Test* (WCST), qui nécessitent de changer les règles du jeu en cours de route, ils présentent un déficit. Mais une étude plus récente testant 10 enfants présentant un TDC ou pTDC et 11 enfants au développement typique indiquent que les performances au WCST sont similaires malgré des activations cérébrales différentes (mesurées en IMR fonctionnelle), suggérant ainsi une compensation des déficits chez les enfants présentant un TDC (Koch et coll., 2018). Selon Pratt et coll. (2014), les différences entre les études pourraient être dues aux tranches d'âges étudiées ou à la méthode de recrutement des enfants (screening dans les écoles ou enfants diagnostiqués). En absence d'autres études, il est donc difficile de conclure sur l'existence d'un déficit de flexibilité mentale chez les enfants présentant un TDC.

Résultats controversés sur le déficit de planification motrice et exécutive

Il faut d'abord préciser que, bien que beaucoup de tâches de la vie quotidienne requièrent à la fois de la planification motrice et exécutive (« action planning »), il convient de distinguer expérimentalement la « planification motrice » et la « planification exécutive » (Van Swieten et coll., 2010). La planification motrice présente une forte composante motrice et est évaluée

à l'aide d'une tâche de « Grasp and Turn » qui mesure le type de préhension sélectionnée par le participant pour réaliser une tâche à deux étapes (par ex., prendre et tourner un objet en sens horaire ou anti-horaire) (par ex., Cohen et Rosenbaum, 2004). Les adultes sont capables d'adopter une position de départ inconfortable pour arriver à une position finale la plus confortable (« end state comfort effect »), contrairement aux enfants de 4 à 8 ans (Smyth et Mason, 1997). Les résultats des études utilisant cette tâche chez des enfants présentant un TDC ou un TDC probable sont controversés. Certaines études trouvent un déficit (Van Swietten et coll., 2010 ; Pratt et coll., 2014 ; Wilmut et Byrne, 2014 ; Fuelscher et coll., 2016) alors que d'autres non (Smyth et Mason, 1997 ; Noten et coll., 2014).

La planification exécutive peut être évaluée grâce à des tâches impliquant une séquence de choix ou de mouvements qui doivent être arrangés de manière à atteindre un but prédéfini (Tour de Hanoï, par ex., Hill 2004 ; Tour de Londres, Shallice 1991). Les résultats sont également controversés pour ce type de tâche : une étude trouve un déficit chez les enfants présentant un TDC (Pratt et coll., 2014) alors qu'une autre n'en trouve pas (Van Swietten et coll., 2010).

En conclusion, l'équipe de Van Swietten et coll. (2010), qui étudie particulièrement la planification chez l'enfant, défend l'idée que les enfants présentant un TDC présentent un déficit de planification motrice et non exécutif, mais les résultats restent controversés.

Un déficit d'inhibition peut être retrouvé quand la réponse à inhiber est automatique ou le stimulus émotionnel

Tout d'abord, notons que toutes les études examinant la possibilité d'un déficit d'inhibition ont exclu la comorbidité avec le TDA/H. Selon Sumner et coll. (2016), le déficit d'inhibition chez les enfants présentant un TDC est retrouvé malgré des méthodologies et modalités différentes (motrice, verbale, visuo-spatiale). Un défaut d'inhibition motrice est retrouvé chez les enfants présentant un TDC : ils ont plus de difficultés que les enfants contrôles à stopper une réponse en cours ou à supprimer des réponses incorrectes (Tallet et coll., 2013 ; Blais et coll., 2017). Les tâches proposées étant bimanuelles, des difficultés pourraient être en lien avec un défaut d'inhibition inter-hémisphérique (Blais et coll., 2018, avec de l'EEG ; He et coll., 2018 avec de la TMS). Très récemment, l'étude de Hé et coll. (2018b) a retrouvé le déficit de l'inhibition chez des adultes présentant un TDC, dans deux tâches différentes, explorant l'inhibition d'une réponse programmée (*go-no go* et *stop-signal*). Les enfants présentant un TDC ont également un déficit d'inhibition d'une réponse automatique (Mandich et coll., 2002 ; Pratt

et coll., 2014), que la réponse soit motrice ou verbale (Bernardi et coll., 2016). Plus récemment, une étude a révélé que les performances au test Stroop, qui évalue l'inhibition d'une réponse automatique (lecture d'un mot), sont similaires chez les enfants présentant un TDC ou un pTDC et chez les enfants au développement typique, malgré des activations cérébrales différentes (mesurées en IMR fonctionnelle), suggérant ainsi une compensation des déficits chez les enfants présentant un TDC (Koch et coll., 2018). Selon Pratt et coll. (2014), ce n'est pas la composante motrice de la tâche qui importe mais le caractère plus ou moins automatisé de la réponse. Cette hypothèse est confortée par les résultats de certaines études qui indiquent une préservation de l'inhibition d'une réponse à un stimulus, lors d'une tâche de *go-no go*⁶⁰, qui requiert de stopper une réponse programmée, mais non automatique (Querne et coll., 2008 ; Pratt et coll., 2014 ; Thornton et coll., 2018). Selon certains auteurs, cette préservation serait plutôt une compensation du déficit pour des tâches impliquant l'inhibition d'une réponse non automatique. Des données de neuro-imagerie indiquent en effet que, pour obtenir une performance identique à celle des enfants du groupe contrôle, les enfants présentant un TDC démontrent une sur-activation de certaines aires cérébrales (Querne et coll., 2008). En revanche, la récente étude de Thornton et coll. (2018) remet en question le déficit d'inhibition d'une réponse automatique. En effet, les auteurs ne retrouvent pas de différence comportementale ni cérébrale lors d'une tâche de *go-no go* chez des enfants présentant un TDC comparées à des enfants au développement typiques. Néanmoins, ils retrouvent des différences chez les enfants présentant un TDC et un TDA/H associé. Ces travaux confirment l'obligation d'exclure la comorbidité avec le TDA/H dans les prochaines études (Sergeant et coll., 2006).

Enfin, deux études se sont intéressées aux fonctions exécutives « chaudes », c'est-à-dire à l'inhibition ou la gestion de *stimuli* émotionnels, de récompenses et d'un délai de gratification, en opposition avec les fonctions exécutives « froides » qui se réfèrent à la MDT, le contrôle inhibiteur et l'attention exécutive à des *stimuli* décontextualisés (Leonard et Hill, 2015 ; Rahimi-Golkhandan et coll., 2015). La première étude a testé des enfants présentant un TDC à l'aide d'un jeu vidéo impliquant des récompenses (Rahimi-Golkhandan et coll., 2014). Les résultats suggèrent que ces enfants sélectionnent plus fréquemment des options désavantageuses que les enfants

60. La tâche de *go-no go* consiste à répondre ou inhiber la réponse à un stimulus en fonction de ses caractéristiques. Le stimulus (par ex. rond vert) auquel il faut répondre apparaît fréquemment alors que le stimulus pour lequel il faut inhiber la réponse (par ex. rond rouge) apparaît moins fréquemment. Le nombre d'erreurs (répondre au rond rouge) informe sur la capacité d'inhibition.

du groupe contrôle. Deux autres études ont testé des enfants présentant un TDC (7-12 ans) à l'aide d'une tâche de *go-no go* avec *stimuli* émotionnels à savoir des visages neutres, joyeux ou exprimant la peur (Rahimi-Golkhandan et coll. 2015). Des études préliminaires montrent qu'il est plus difficile d'inhiber une réponse face à des visages joyeux (Hare et coll., 2005). Les résultats de l'étude de Rahimi-Golkhandan et coll. (2015) suggèrent que les enfants présentant un TDC font plus d'erreurs d'inhibition en réponse à des expressions faciales de joie, suggérant ainsi un défaut d'inhibition aux *stimuli* émotionnels. Les auteurs évoquent deux hypothèses explicatives : un problème de maturation des systèmes neuromoteurs frontaux (système de récompense) et/ou un manque de stimulation de ces systèmes grâce à des expériences sensorimotrices appropriées. Bien que ces travaux soient intéressants, il aurait été judicieux de vérifier que la reconnaissance des émotions sur les visages était identique chez les enfants présentant ou non un TDC, en amont de la tâche d'inhibition. À notre connaissance, aucune autre étude depuis 2015 n'a permis d'approfondir ces résultats.

Les aspects métacognitifs et d'auto-régulation en lien avec l'apprentissage moteur sont peu étudiés mais semblent également touchés

La méta-analyse de Wilson et coll. (2013) montre que la métacognition est touchée dans un contexte d'apprentissage ($d = 1,44$). Plus récemment, une étude a porté sur 15 enfants présentant ou non un TDC filmés pendant un apprentissage moteur (Sangster-Jokic et coll., 2016) (voir aussi Martini et coll., 2004 ; Jokic et coll., 2001). Les auteurs ont codé les « schèmes d'auto-régulation » qui correspondent aux verbalisations des enfants à propos de leur performance (analyses qualitatives). Les résultats suggèrent que les enfants porteurs d'un TDC présentent des schèmes d'auto-régulation moins efficaces que les enfants du groupe contrôle. Ils sollicitent plus l'intervenant extérieur et présentent plus de régulations émotionnellement négatives. Ceci pourrait suggérer un déficit d'auto-régulation dans l'apprentissage moteur.

Un lien entre déficit des fonctions exécutives et difficultés scolaires et de vie quotidienne a été rapporté mais pas démontré dans le TDC

Il a été rapporté un lien entre les fonctions exécutives et la réussite scolaire (voir Michel et coll., 2011 ; voir aussi Alloway et coll., 2009). Néanmoins, il n'existe actuellement pas d'étude qui démontre un lien direct entre la perturbation des fonctions exécutives et le niveau scolaire des enfants

présentant un TDC. Il convient donc de rester prudent quant aux mécanismes sous-tendant les difficultés scolaires que rencontrent certains enfants porteurs de TDC.

Dans la vie quotidienne, une étude de Kirby et coll. (2008) révèle que 55 % des adultes présentant un TDC rapportent des difficultés pour planifier ou organiser leur travail ou se rappeler de faire certaines tâches. Néanmoins, là encore la démonstration du lien de ces difficultés de vie quotidienne avec les perturbations des fonctions exécutives reste à faire, d'autres mécanismes pouvant être à l'origine de telles difficultés.

Très récemment, une étude longitudinale de Michel et coll. (2018) a porté sur des enfants de 4 à 6 ans évalués à 1 an d'intervalle⁶¹. Les évaluations ont porté sur les fonctions exécutives (MDT, switching, inhibition, contrôle des interférences), la MABC-2 et la condition physique (non rapportée ici), réalisées à T0 et à T1, un an après T0. Les résultats indiquent que la moitié des enfants avec difficultés motrices rejoignent les enfants du groupe contrôle lors de la seconde évaluation au MABC-2 (groupe rémission) alors que l'autre moitié reste déficitaire au MABC-2 (groupe persistant). De plus, les auteurs constatent que les enfants du groupe "rémission" présentaient des fonctions exécutives supérieures (contrôle des interférences) aux deux mesures, ce qui n'est pas le cas du groupe « persistant ». Ceci suggère que le bon fonctionnement précoce des fonctions exécutives pourrait prédire la rémission d'enfants avec difficultés motrices. Enfin les auteurs ont trouvé une corrélation significative entre FE et MABC-2 pour le groupe persistant, suggérant que les enfants ayant le plus de difficultés motrices sont ceux qui ont les fonctions exécutives les plus dégradées. Le lien entre fonctions exécutives et motrices souligne ainsi l'importance de prendre en compte l'évaluation précoce des fonctions exécutives chez les enfants susceptibles de présenter un TDC. Ce lien pourrait également avoir une importance pour l'intervention, puisque les résultats suggèrent un rôle protecteur des FE dans le développement moteur (Michel et coll., 2018). Plus récemment, Bernardi et coll. (2016) ont mené une étude longitudinale de 2 ans chez des enfants avec difficultés motrices et TDC de 7 à 11 ans. Leurs résultats indiquent que les enfants avec difficultés motrices, qu'ils soient diagnostiqués avec un TDC ou non, présentent des difficultés exécutives, plutôt dans le domaine non verbal. Elles sont moindres et moins persistantes chez les enfants avec difficultés motrices sans diagnostic de TDC.

61. Deux groupes d'enfants ont été faits sur la base du MABC-2 : 48 ont été placés dans le groupe contrôle et 48 dans le groupe avec difficultés motrices, sur la base du score au MABC-2.

En résumé, les fonctions exécutives sont importantes à prendre en compte étant donné leur lien probable avec les habiletés scolaires et sociales. Les fonctions exécutives ne semblent pas affectées de manière globale mais apparaissent déficitaires pour ce qui concerne la MDT, surtout le domaine VS, et l'inhibition d'une réponse automatique ou à un stimulus émotionnel. Pour la flexibilité mentale ou la planification, les résultats sont plus controversés. Les enfants identifiés comme TDCp sont également concernés par le déficit de FE mais la question de savoir si les perturbations des fonctions exécutives sont à l'origine du déficit moteur (lien *top-down*) ou si, au contraire le déficit moteur induit le déficit des fonctions exécutives (lien *bottom-up*), reste en suspens.

Les études sur les fonctions exécutives souffrent également de certaines limites (voir Leonard et coll., 2015). Premièrement, les FE sont testées par des tâches de laboratoire et/ou des questionnaires pour des FE du quotidien (gestion du temps, organisation, planification). Or il existe très peu de corrélation entre ces deux mesures. Il semble donc important de combiner les mesures des FE en situations expérimentale et écologique (pour la partie écologique, voir Toussaint-Thorin et coll., 2013). Deuxièmement, les enfants testés ont généralement entre 5 et 11 ans. Or les FE se développent encore à l'adolescence et à l'âge adulte. Deux études (Wilmot et coll., 2013 ; 2014) montrent l'intérêt d'étudier l'adulte qui semble présenter des atypies dans le fonctionnement des FE. Ces résultats sont importants pour envisager l'hypothèse d'un trouble plutôt que d'une immaturité des FE dans le TDC. Troisièmement, les FE ne sont que rarement toutes testées pour un même enfant. Or, il est possible qu'il existe des profils différents de déficits des FE, variant sur le nombre plutôt que le type de FE déficitaires. Enfin, si toutes les études examinant l'inhibition proposent une méthodologie rigoureuse et excluent le TDA/H, certaines études évaluant l'attention ne contrôlent pas certains biais ou la présence d'un TDA/H. Il convient donc de prendre ces résultats sur l'attention avec précaution.

Les fonctions d'imagerie motrice sont perturbées

L'imagerie motrice se réfère à la capacité à construire une représentation mentale de l'action sans produire la séquence de mouvements (Guillot et coll., 2012). Il s'agit d'une simulation mentale de l'action sans acte moteur (Decety, 1996, in Williams et coll., 2011 ; Wilson et coll., 2016). A l'heure actuelle, il existe plus de 15 ans de recherches sur l'imagerie motrice dans le TDC (voir Hyde et coll., 2014). En tout, la question de l'imagerie motrice dans le TDC a fait l'objet d'une revue de travaux (Gabbard et Bobbio, 2011),

d'une méta-analyse (Adams et coll., 2014) et d'une revue systématique (Reynolds et coll., 2015).

L'imagerie motrice (aussi appelée « *covert manual action* ») peut revêtir deux formes : explicite et implicite (Gabbard et Gobbio, 2011 ; Adams et coll., 2014). L'imagerie motrice explicite a pour but d'imaginer une action sans l'effectuer alors que l'imagerie motrice implicite consiste à réaliser une tâche nécessitant d'imaginer le mouvement mais l'imagerie n'est qu'un moyen de réaliser la tâche et non un but. Ces deux formes d'imagerie sont explorées par deux paradigmes basés sur le fait que l'imagerie mentale reflète la représentation interne de l'action et donc doit respecter les lois du mouvement.

L'imagerie motrice explicite est étudiée grâce à un paradigme de chronométrie mentale lors de tâches de pointage visuellement guidées (VGPT pour *Visually Guided Pointing Tasks*). Le sujet est invité à imaginer le pointage d'une cible plus ou moins large et plus ou moins distante et à indiquer le début et la fin du mouvement imaginé. Si l'imagerie motrice est correcte, le temps de mouvement imaginé doit être proche du temps de mouvement réel. Le paradigme permettant d'explorer l'imagerie motrice implicite est la rotation mentale. Le sujet doit juger la latéralité ou l'identité d'un stimulus (mains, corps, lettre) présenté avec différents angles de rotation. Le temps de réaction et le nombre d'erreurs sont mesurés. La méta-analyse de Wilson et coll. (2013) indique un déficit de « modèle interne » avec une large taille d'effet pour l'imagerie motrice explicite ($dw = 2,43$) et implicite ($dw = 0,84$).

Il existe à l'heure actuelle 6 études sur l'imagerie motrice explicite (VGPT). Les résultats indiquent de manière unanime un déficit dans le TDC (Maruff et coll., 1999 ; Wilson et coll., 2001 ; Lewis et coll., 2008 ; Williams et coll., 2013 ; Ferguson et coll., 2015 ; Adams et coll., 2017).

Concernant l'imagerie motrice implicite (rotation mentale), 14 études ont été menées avec des résultats moins concordants (tableau 8.II). Neuf études sur 13 indiquent clairement un déficit chez les individus présentant un TDC (Wilson et coll., 2004 ; Williams et coll., 2008, 2011, 2012 et 2013 ; Hyde et coll., 2014 et 2017 ; Fuelscher et coll., 2015 ; Reynolds et coll., 2015), une seule étude ne montre pas de déficit d'imagerie motrice (Lust et coll., 2006) et deux études ne montrent pas de déficit d'amélioration de l'imagerie motrice avec la pratique répétée (Wilson et coll., 2002 ; Wilson et coll., 2016). Les études restantes suggèrent un déficit relatif (Deconinck et coll., 2009 ; Noten et coll., 2014).

Deux études utilisent des questionnaires d'imagerie motrice (*Praxis Imagery Questionnaire*) pour évaluer le possible déficit chez les personnes présentant un TDC dans une perspective plus écologique. Leurs résultats sont

relativement concordants mais une étude suggère un déficit spécifique kinesthésique (Wilson et coll., 2001) alors que l'autre suggère un déficit global (Sinani et coll., 2011).

De manière générale, quel que soit le paradigme, le déficit apparaît présent chez l'enfant et adulte (voir Hyde et coll., 2014 pour l'adulte) sans spécificité d'un effecteur (rotation de main ou du corps entier). Le déficit dépend de la sévérité du trouble et de la complexité des tâches (Williams et coll., 2008 ; Noten et coll., 2014). Une étude trouve que l'association avec le TDA/H dégrade l'imagerie motrice (Lewis et coll., 2008) alors qu'une autre étude ne trouve pas de différence (Williams et coll., 2013). Il existe un effet bénéfique de l'intervention (protocole de pratique de l'imagerie) sur l'imagerie et le score moteur, que le TDC soit probable (Wilson et coll., 2002) ou non (Wilson et coll., 2016) et le déficit peut disparaître si des instructions sont données pour améliorer l'imagerie (Reynolds et coll., 2015), à condition que le TDC ne soit pas sévère (Williams et coll., 2006 et 2008). Des auteurs suggèrent un lien entre défaut d'imagerie et défaut de planification (Fuelscher et coll., 2016) car ils trouvent que le développement de l'imagerie motrice semble être lié au développement de la planification motrice chez l'enfant typique (particulièrement entre 6 et 12 ans) et pas chez l'enfant présentant un TDC probable. Ce lien est corroboré par une étude originale testant l'estimation de distances par imagerie motrice chez des enfants avec et sans TDC (Caçola et coll., 2014) : les enfants présentant un TDC démontrent un déficit de la capacité à estimer si une cible est atteignable ou pas (sans bouger), dans le cas où la cible est placée dans l'espace extra-personnel lointain. Ceci suggère un déficit d'imagerie motrice en lien avec la planification du geste. Enfin, Hyde et coll. (2014) notent une hétérogénéité dans le trouble d'imagerie motrice chez les enfants présentant un TDC (« deficits in MI are by no means universal ») (voir aussi Reynolds et coll., 2015).

Trois hypothèses explicatives du déficit d'imagerie motrice ont été avancées. La première hypothèse défendue par Wilson et coll. (2004) est un déficit de stratégie des enfants présentant un TDC : ces enfants utiliseraient l'imagerie visuelle (rotation 3^e personne) plutôt que l'imagerie mentale (rotation 1^{re} personne). Mais les résultats de Deconink et coll. (2009) ne vont pas dans ce sens et montrent que les enfants présentant un TDC utilisent l'imagerie mentale pour ces tâches. La deuxième hypothèse est celle d'un déficit de modèle interne qui correspond à un processus qui simule la réponse effective dans le but d'estimer ses conséquences (Gabbard et Gobbio 2011 ; Adams et coll., 2014). Ce processus est sous la dépendance de la boucle cortico-cérébelleuse. Les enfants présentant un TDC utilisent l'imagerie mais le modèle interne est « moins bien défini » (Deconink et coll., 2009), en lien

Tableau 8.II : Résumé des études sur l’imagerie motrice. Adapté et actualisé à partir de Adams et coll., 2014

Référence	Participants	Méthode	Résultats	Conclusion
Rotation mentale				
Wilson et coll., 2002	54 enfants avec troubles moteurs (MABC < 50 ^e percentile, 11 < au 15 ^e dans chaque groupe 7-12 ans)	Entraînement à l'imagerie mentale (18 enfants) Entraînement perceptivo-moteur (18 enfants) Liste d'attente (18 enfants)	Pratique mentale aussi efficace que pratique perceptivo-motrice Pas de déficit d'apprentissage par pratique mentale Mais enfants avec difficultés motrices, pas tous TDC	Pas de déficit (apprentissage)
Lust et coll., 2006	7 contrôles 10 TDC (MABC < 15 ^e percentile) Âge : 10,4 ans (9-11 ans) 14 adultes	Rotation mentale avec des mains (+ EEG, potentiels évoqués)	Rotation mentale identique aux contrôles	Pas de déficit. Notons également que les auteurs ne trouvent pas de différence de Groupe dans les potentiels évoqués au niveau cérébral
Williams et coll., 2006	18 contrôles 18 TDC (MABC < 15 ^e percentile) Âge : 9,7 +/- 0,7 ans	Rotation mentale avec des mains (avec ou sans instructions) et avec lettres et corps entier	Les TDC ne bénéficient pas des instructions	Déficit
Williams et coll., 2008	21 contrôles 21 TDC probables (MABC 6-14 percentile) 9,2 +/- 1,4 ans 21 TDC sévères (MABC < 5 ^e percentile) 9,4 +/- 0,7 ans	Rotation mentale avec des mains (avec ou sans instructions) et avec corps entier (avec ou sans instructions)	Déficit de rotation mentale, corrélé avec le degré de déficit moteur	Déficit
Deconinck et coll., 2009	13 contrôles 13 TDC (MABC ≤ 15 ^e percentile) Âge : 9 +/- 0,7 ans	Rotation mentale avec mains et lettres	Déficit de rotation mentale (plus lente et moins précise)	Déficit
Williams et coll., 2011	21 contrôles 21 TDC 21 paralysés cérébraux (PC) Âge : 9,4 +/- 0,7 ans	Rotation mentale avec des mains (avec ou sans instructions) et avec corps entier (avec ou sans instructions)	Déficit de rotation mentale (mains et corps entier) Déficit chez les TDC et PC	Déficit
Noten et coll., 2014	56 contrôles 21 TDC (MAND ≤ 15 ^e percentile) 7-12 ans	Rotation mentale avec mains et images + tâche de planification d'action	Déficit de rotation mentale et de planification d'action, sans corrélation entre les deux	Déficit

Hyde et coll., 2014	47 contrôles (MAND > 20 ^e percentile) 12 jeunes adultes (19-35 ans) avec TDC probable (MAND < 25 ^e percentile)	Rotation mentale	Les adultes TDC probables ont des capacités d'imagerie mentales inférieures aux contrôles	Déficit d'imagerie mentale chez l'adulte TDC probable
Reynolds et coll., 2015	22 contrôles (9,68 +/- 1,53 ans) 22 TDC probables (9,9 +/- 1,57 ans, MABC-2 < 16 ^e percentile)	Rotation mentale avec des mains (avec ou sans instructions)	Déficit d'imagerie mentale mais les deux groupes bénéficient des instructions	Déficit d'imagerie mentale mais effet des instructions chez les TDC probables
Fuelscher et coll., 2015	17 contrôles (11,2 +/- 1,18 ans, MAND < 20 ^e percentile) 17 TDC probables (11,22 +/- 1,11 ans, MAND < 15 ^e percentile) 8-12 ans	Rotation mentale avec des mains + pointage de cibles avec changement de direction (<i>double-step reaching task</i>)	Déficit de rotation mentale, associé au déficit de correction du pointage de cible	Déficit
Wilson et coll., 2016	36 enfants TDC (MABC < 10 ^e percentile)	Réplique Wilson et coll., 2002, avec des TDC	Pratique mentale aussi efficace que pratique perceptivo-motrice Pas de déficit d'apprentissage par pratique mentale chez les TDC	Pas de déficit (apprentissage)
Hyde et coll., 2017	8 adultes avec TDC 21 contrôles 18-36 ans	Rotation mentale (main droite) + Stimulation Magnétique Transcrânienne (TMS) au-dessus du cortex prémoteur gauche	Contrairement aux contrôles, les adultes présentant un TDC n'ont pas d'activité augmentée du cortex prémoteur gauche lorsqu'ils réalisent une imagerie motrice de leur main droite	Mise en évidence de corrélats cérébraux du déficit d'imagerie mentale
Chronométrie mentale				
Maruff et coll., 1999	20 contrôles 24 TDC (MABC < 15 ^e percentile) 9,8 ans (9-10,8 ans)	Tâche de pointage visuellement guidée	Les TDC ont un déficit de chronométrie mentale (les lois de mouvements sont respectées seulement si les mouvements sont réellement exécutés)	Déficit de chronométrie mentale chez les TDC

Wilson et coll., 2001	20 contrôles 20 TDC (MABC < 15 ^e percentile) 10 ans (8,1-11,5 ans)	Tâche de pointage visuellement guidée	Les TDC ont un déficit de chronométrie mentale (les lois de mouvements sont respectées seulement si les mouvements sont réellement exécutés)	Déficit de chronométrie mentale chez les TDC
Lewis et coll., 2008	15 contrôles 15 TDC 14 TDC + TDA/H MABC < 15 ^e percentile 8-12 ans	Tâche de pointage visuellement guidée	Les TDC ont un déficit de chronométrie mentale (les lois de mouvements sont respectées seulement si les mouvements sont réellement exécutés) Les TDC + TDA/H n'ont pas de déficit de chronométrie mentale (les lois de mouvements sont respectées si les mouvements sont réellement exécutés ou imaginés)	Déficit de chronométrie mentale chez les TDC La comorbidité avec le TDA/H n'aggrave pas le trouble
Ferguson et coll., 2015	30 contrôles (8,4 +/- 1,4 ans) 30 TDC (8,3 +/- 1,4 ans, MABC-2 < 5 ^e percentile) 6-10 ans	Tâche de pointage visuellement guidée + tâche informatisée qui teste la rotation mentale de manière plus « pure » de l'imagerie mentale	Les TDC ont un déficit de chronométrie mentale pour les deux tâches	Déficit de chronométrie mentale chez les TDC
Adams et coll., 2018	30 contrôles (MABC-2 > 15 ^e percentile) 30 TDC (MABC-2 < 16 ^e percentile) 6-11 ans	Tâche de pointage visuellement guidée 3 mesures longitudinales avec un an entre la première et la 3 ^e mesure	Les TDC ont un déficit de chronométrie mentale avec une évolution identique aux contrôles avec l'âge	Délai de développement de l'imagerie motrice : retard précoce mais évolution normale
Chronométrie mentale + Rotation mentale				
Williams et coll., 2013	18 contrôles 10 TDC (MABC < 15 ^e percentile ; âge : 8,45 +/- 1,25 ans) 16 TDC + TDA/H (9,07 +/- 1,07 ans)	Tâche de pointage visuellement guidée + Rotation mentale	Les TDC ont un déficit de chronométrie mentale (les lois de mouvements sont respectées seulement si les mouvements sont réellement exécutés) Rotation mentale : TDC et TDC + TDA/H moins précis	Déficit TDC < TDC + TDA/H pour la chronométrie mentale TDC = TDC + TDA/H pour la rotation mentale

avec un dysfonctionnement de la boucle cortico-cérébelleuse impliquée dans le modèle interne (pariéto-cérébelleux). Ceci expliquerait les déficits de contrôle moteur (anticipation, programmation, corrections) (Adams et coll., 2014, 2016). Ainsi, beaucoup de résultats expérimentaux peuvent être interprétés selon l'hypothèse du défaut de modèle interne (voir chapitre « Contrôle sensorimoteur »). La troisième théorie, plus récente, est celle du dysfonctionnement du système miroir qui correspond à un réseau cérébral (fronto-pariétal) de simulation automatique de l'action (Reynolds et coll., 2015). S'il s'agit d'une hypothèse intéressante pour comprendre les difficultés motrices, et de cognition sociale des enfants présentant un TDC (Werner et coll., 2012 ; Reynolds et coll., 2015), il existe à l'heure actuelle peu d'études pour pouvoir étayer cette hypothèse. Une étude expérimentale en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) a néanmoins révélé un dysfonctionnement du système miroir lors de l'observation et imitation de séquences motrices (Reynolds et coll., 2015).

Pour conclure, la littérature rapporte un déficit d'imagerie motrice dans le TDC. Les points forts des études sur l'IM sont qu'elles sont nombreuses et comportent des réplifications de résultats. Quatre études excluent les enfants présentant un TDA/H et 2 études comparent les ceux qui présentent également un TDA/H. Il existe néanmoins quelques limites : notamment, les seuils de MABC sont variables, les critères DSM incomplets, les variables confondantes sont peu prises en compte (par ex., kinesthésie, QI, attention voire TDA/H, MDT) (Ferguson et coll., 2015), les effectifs sont petits (mais tailles d'effet satisfaisantes), les résultats statistiques ne sont pas toujours précis.

Parmi les différents types de mémoire, la mémoire procédurale est la plus explorée

Alors que la mémoire de travail (MDT) a été principalement analysée comme relevant des fonctions exécutives dans la littérature sur le TDC, les autres types de mémoire ont été peu étudiés, si ce n'est la mémoire procédurale.

La mémoire à long terme procédurale pourrait être perturbée dans certaines conditions

L'essentiel des travaux sur la mémoire à long terme porte sur l'apprentissage et la mémoire procédurale qui concerne la mémorisation et la rétention à long terme de savoir-faire. La méta-analyse de Wilson et coll. (2013) indique

que l'apprentissage procédural est déficitaire avec une large taille d'effet (1,50). Si l'on considère le modèle de Doyon et coll. (2003), il existe deux types d'apprentissages procéduraux : les apprentissages par adaptation visuo-motrice, sous la dépendance de la boucle cortico-thalamo-cérébelleuse et les apprentissages par mémorisation de séquences, qui sont sous la dépendance de la boucle cortico-thalamo-striatale. Selon l'hypothèse de Nicolson et coll. (2007), le TDC affecterait les apprentissages de séquences (alors que la dyslexie affecterait plutôt les adaptations visuo-motrices).

Concernant les apprentissages par adaptation visuo-motrice, il existe des évidences d'un déficit chez les enfants présentant un TDC, entraînant des difficultés à améliorer la précision des réponses lors de tâches de lancers avec des lunettes prismatiques ou de tracés avec des contraintes visuo-spatiales importantes, en lien avec un possible dysfonctionnement de la boucle cortico-thalamo-cérébelleuse (Kagerer et coll., 2004 et 2006 ; Mariën et coll., 2010 ; Zwicker et coll., 2011 ; Cantin et coll., 2014).

Les apprentissages de séquences ont été étudiés dans 5 études dont les résultats sont contradictoires. Les études de Wilson et coll. (2013, DMCN), Lejeune et coll. (2013, RiDD, 2016) ne montrent pas de déficit alors que les études de Gheysen et coll. (2011, RiDD) et Jarus et coll. (2015, RiDD) révèlent un déficit chez les enfants présentant un TDC. Des différences méthodologiques sont à noter entre les études et pourraient expliquer les résultats contradictoires. Une étude de Biotteau et coll. (2015) a testé le déficit de l'automatisation dans le TDC (« Automatization Deficit Hypothesis ») (Fawcett et Nicolson, 1990 ; Visser, 2003) en mesurant la performance en double tâche avant et après la pratique d'une tâche de séquences motrices. Les résultats suggèrent que les enfants présentant un TDC ne présentent pas plus de difficultés d'automatisation que ceux qui présentent une dyslexie ou les 2 troubles associés. Cependant, l'absence de groupe contrôle limite les conclusions de cette étude. Deux études plus récentes de Blais et coll. (2017a, 2018) indiquent que les adolescents présentant un TDC sont capables d'apprendre une nouvelle coordination bimanuelle complexe en améliorant la précision et la stabilité de leurs mouvements, mais qu'ils présentent des signes discrets de déficit de contrôle moteur malgré la pratique. On peut donc conclure que les enfants présentant un TDC semblent capables d'apprendre des séquences dans certaines conditions (amélioration de la vitesse de réponses), même s'ils restent toujours plus lents dans leurs réponses et présentent plus de réponses incorrectes que les enfants typiques.

Les conditions de pratique pouvant influencer l'apprentissage n'est pas encore développée à l'heure actuelle. Il a été montré que l'organisation de la pratique (bloquée ou aléatoire) ne semble pas avoir d'impact sur l'apprentissage d'un

jeu vidéo : les enfants présentant un TDC apprennent de manière identique aux contrôles quelle que soit l'organisation de la pratique (Bonney et coll., 2017). Néanmoins, d'autres études sont requises pour compléter ce résultat.

En résumé, le déficit de MLT procédurale ne semble pas encore clairement établi. Plusieurs hypothèses sont mises en avant pour expliquer les contradictions. Selon Tallet et coll. (2015), la complexité de la réponse motrice doit être prise en compte (notamment le caractère bimanuel ou unimanuel de la tâche à mémoriser). Il semble également important de tester les différentes phases de l'apprentissage, notamment la consolidation mnésique (sensible au développement). Il est nécessaire de prendre en compte le caractère explicite *versus* implicite de l'apprentissage, c'est-à-dire le fait que la consigne porte directement sur l'apprentissage (explicite) ou bien sur un autre paramètre (par exemple, la vitesse d'exécution du mouvement et non l'apprentissage, implicite) (Candler et Meeuwse, 2002 ; Biotteau et coll., 2016). La durée de la pratique (quelques dizaines de minutes à plusieurs jours en fonction des études) semble également à prendre en compte. Gorgy (2012) avance l'hypothèse selon laquelle le TDC serait un « trouble de la mémoire implicite ». Cette hypothèse reste à tester puisqu'à l'heure actuelle, aucune étude n'a comparé l'apprentissage implicite ou explicite dans le TDC. Enfin, lors du dernier congrès sur le TDC (DCD12, Perth, Australie), l'accent a été mis sur l'importance de la motivation dans les apprentissages. Or, aucune étude à l'heure actuelle ne teste réellement le niveau de motivation impliqué dans les tâches d'apprentissage.

Peu d'études sur les autres types de mémoire

En ce qui concerne les autres types de mémoires, l'étude de Tsai et coll. (2008) indique un déficit de la mémoire visuelle à court terme. Ceci est concordant avec les études d'Alloway et coll. (2009) qui indiquent que, même si la MDT VS est la plus touchée, la MCT VS est également déficiente. L'étude de Crawford et Dewey (2008) suggère que le déficit de mémoire visuelle est d'autant plus important chez les enfants présentant à la fois un TDC et un TDA/H ou un trouble de la lecture (Reading Disabilities). La MCT V apparaît moins touchée que chez les enfants avec des troubles spécifiques du langage oral (TSLO) (Alloway et coll., 2009). L'étude de Crawford et Dewey (2008) sur l'effet des associations de troubles sur la MCT visuelle indique que les enfants présentant un TDC avec ou sans association avec le TDA/H ou les troubles de la lecture présentent un déficit de MCT visuelle.

Enfin, une seule étude s'est intéressée à la mémoire à long terme déclarative – qui concerne la mémoire des faits – dans le TDC (Chen IC et coll., 2013). Leurs résultats montrent que 52,6 % des enfants porteurs d'un TDC (pTDC) présentent des déficits de mémoire de faits quotidiens (*versus* 5,2 % des typiques). Ces résultats concernant un déficit de mémoire déclarative sont à relativiser dans la mesure où les troubles associés n'ont pas été pris en compte. D'autres études sont donc nécessaires pour confirmer l'existence d'un trouble de mémoire à long terme déclarative.

Les mécanismes cognitifs qui sous-tendent les difficultés scolaires dans le TDC sont peu étudiés

Des difficultés à l'école sont fréquemment rapportées chez les enfants présentant un TDC (par exemple Harrowell et coll., 2018) et constituent une inquiétude majeure des familles et une source fréquente de consultation. Néanmoins, peu de travaux se sont intéressés aux mécanismes cognitifs qui pourraient sous-tendre ces difficultés. Dans deux études, Gomez et coll. (2015 et 2016) ont comparé les compétences numériques de 20 enfants présentant un TDC de 7 à 10 ans et de 20 enfants contrôles. Les résultats mettent en évidence une perturbation du traitement des nombres qu'ils soient présentés sous forme symbolique (comparaison de chiffres, additions) ou non symbolique (comparaison de séries de points). Néanmoins, dans une tâche de ligne numérique dans laquelle les enfants devaient évaluer à quel nombre correspondait une marque verticale placée sur une ligne horizontale allant de 0 à 100, les résultats montrent qu'en dépit d'une estimation numérique moins précise, les enfants présentant un TDC ont compris le concept de linéarité qui leur permet de résoudre la tâche. D'autres études sont essentielles pour confirmer ces premiers résultats mais aussi pour préciser les mécanismes qui sous-tendent les difficultés en géométrie, en lecture, en géographie, etc.

RÉFÉRENCES

Achenbach TM, Edelbrock CS. *Manual for the child: behavior checklist and revised child behavior profile*. Burlington, VT : University of Vermont, Department of Psychiatry, 1983.

Adams IL, Lust JM, Wilson PH, *et al.* Compromised motor control in children with DCD: a deficit in the internal model? A systematic review. *Neurosci Biobehav Rev* 2014 ; 47 : 225-44.

Adams IL, Lust JM, Wilson PH, *et al.* Testing predictive control of movement in children with developmental coordination disorder using converging operations. *Br J Psychol* 2017 ; 108 : 73-90.

Alloway TP. Working memory skills in children with developmental coordination disorder. In : Alloway TP, Gathercole SE, eds. *Working memory and neurodevelopmental disorders*. New York : Psychology Press, 2006 : 161-85.

Alloway TP. Working memory, reading, and mathematical skills in children with developmental coordination disorder. *J Exp Child Psychol* 2007 ; 96 : 20-36.

Alloway TP. A comparison of working memory profiles in children with ADHD and DCD. *Child Neuropsychol* 2011 ; 17 : 483-94.

Alloway TP, Archibald L. Working memory and learning in children with developmental coordination disorder and specific language impairment. *J Learn Disabil* 2008 ; 41 : 251-62.

Alloway TP, Temple KJ. A comparison of working memory skills and learning in children with developmental coordination disorder and moderate learning difficulties. *Appl Cogn Psychol* 2007 ; 21 : 473-87.

Alloway TP, Warner C. Task-specific training, learning, and memory for children with developmental coordination disorder: a pilot study. *Percept Mot Skills* 2008 ; 107 : 473-80.

Alloway TP, Rajendran G, Archibald LM. Working memory in children with developmental disorders. *J Learn Disabil* 2009 ; 42 : 372-82.

American Psychiatric Association. *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5)*. Washington, DC : American Psychiatric Association, 2013.

Bernardi M, Leonard HC, Hill EL *et al.* Brief report: response inhibition and processing speed in children with motor difficulties and developmental coordination disorder. *Child Neuropsychol* 2016 ; 22 : 627-34.

Biotteau M, Chaix Y, Albaret JM. Procedural learning and automatization process in children with developmental coordination disorder and/or developmental dyslexia. *Hum Mov Sci* 2015 ; 43 : 78-89.

Biotteau M, Chaix Y, Albaret JM. What do we really know about motor learning in children with developmental coordination disorder? *Curr Dev Disord Rep* 2016 ; 3 : 152-60.

Blais M, Baly C, Biotteau M, *et al.* Lack of motor inhibition as a marker of learning difficulties of bimanual coordination in teenagers with developmental coordination disorder. *Dev Neuropsychol* 2017 ; 42 : 207-19.

Blais M, Amarantini D, Albaret JM, *et al.* Atypical inter-hemispheric communication correlates with altered motor inhibition during learning of a new bimanual coordination pattern in developmental coordination disorder. *Dev Sci* 2018 ; 21 : e12563.

Blank R, Barnett A, Cairney J, Green D, Kirby A, Polatajko H, *et al.* International clinical practice recommendations on the definition, diagnosis, assessment,

intervention, and psychosocial aspects of developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2019 ; 61 : 242-85.

Bonney E, Ferguson G, Smits-Engelsman B. The efficacy of two activity-based interventions in adolescents with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2017 ; 71 : 223-36.

Candler C, Meeuwsen H. Implicit learning in children with and without developmental coordination disorder. *Am J Occup Ther* 2002 ; 56 : 429-35.

Cantin N, Ryan J, Polatajko HJ. Impact of task difficulty and motor ability on visual-motor task performance of children with and without developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2014 ; 34 : 217-32.

Chaix Y, Albaret JM. Trouble de l'acquisition de la coordination et déficits visuo-spatiaux. *Développements* 2014 ; 15 : 32-43.

Cheliout-Heraut F, Antonetti C, Lemaitre A, *et al.* Potentiels évoqués cognitifs et dyspraxie : étude préliminaire. *ANAE* 2008 ; 20 : 169-73.

Chen FC, Tsai CL, Biltz GR, *et al.* Variations in cognitive demand affect heart rate in typically developing children and children at risk for developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2015 ; 38 : 362-71.

Chen FC, Tsai CL, Stoffregen TA, *et al.* Postural adaptations to a suprapostural memory task among children with and without developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 155-9.

Chen IC, Tsai PL, Hsu YW, *et al.* Everyday memory in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 687-94.

Chen WY, Wilson PH, Wu SK. Deficits in the covert orienting of attention in children with developmental coordination disorder: does severity of DCD count? *Res Dev Disabil* 2012 ; 33 : 1516-22.

Cheng CH, Ju YY, Chang HW, *et al.* Motor impairments screened by the movement assessment battery for children-2 are related to the visual-perceptual deficits in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 2172-9.

Chereng RJ, Liang LY, Chen YJ, *et al.* The effects of a motor and a cognitive concurrent task on walking in children with developmental coordination disorder. *Gait Posture* 2009 ; 29 : 204-7.

Coats ROA, Britten L, Utley A, *et al.* Multisensory integration in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2015 ; 43 : 15-22.

Cohen RG, Rosenbaum DA. Where grasps are made reveals how grasps are planned: generation and recall of motor plans. *Exp Brain Res* 2004 ; 157 : 486-95.

Coleman R, Piek JP, Livesey DJ. Kinaesthetic acuity in preprimary children at risk of developmental coordination disorder. *The Educational and Developmental Psychologist* 1997 ; 14 : 80-6.

Coleman R, Piek JP, Livesey DJ. A longitudinal study of motor ability and kinaesthetic acuity in young children at risk of developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 95-110.

Conners CK, Epstein JN, Angold A, Klaric J. Continuous performance test performance in a normative epidemiological sample. *Journal of Abnormal Child Psychology* 2003 ; 31 : 555-62.

Crawford SG, Dewey D. Co-occurring disorders: a possible key to visual perceptual deficits in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 154-69.

Creavin AL, Lingam R, Northstone K, *et al.* Ophthalmic abnormalities in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2014 ; 56 : 164-70.

De Castelnau P, Albaret JM, Chaix Y, *et al.* Developmental coordination disorder pertains to a deficit in perceptuo-motor synchronization independent of attentional capacities. *Hum Mov Sci* 2007 ; 26 : 477-90.

Debrabant J, Gheysen F, Caeyenberghs K, *et al.* Neural underpinnings of impaired predictive motor timing in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 1478-87.

Decety J. Neural representations for action. *Rev Neuroscience* 1996 ; 7 : 285-97.

Deconinck FJA, Spitaels L, Fias W, *et al.* Is developmental coordination disorder a motor imagery deficit? *J Clin Exp Neuropsychol* 2009 ; 31 : 720-30.

Dewey D, Kaplan BJ, Crawford SG, *et al.* Developmental coordination disorder: Associated problems in attention, learning, and psychosocial adjustment. *Hum Mov Sci* 2002 ; 21 : 905-18.

Doyon J, Penhune V, Ungerleider LG. Distinct contribution of the cortico-striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning. *Neuropsychologia* 2003 ; 41 : 252-62.

Ferguson GD, Wilson PH, Smits-Engelsman BC. The influence of task paradigm on motor imagery ability in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2015 ; 44 : 81-90.

Fong SS, Chung JW, Cheng YT, *et al.* Attention during functional tasks is associated with motor performance in children with developmental coordination disorder: a cross-sectional study. *Medicine* 2016 ; 95 : e4935.

Fuelscher I, Williams J, Enticott PG, *et al.* Reduced motor imagery efficiency is associated with online control difficulties in children with probable developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2015 ; 45 : 239-52.

Fuelscher I, Williams J, Wilmot K, *et al.* Modeling the maturation of grip selection planning and action representation: insights from typical and atypical motor development. *Front Psychol* 2016 ; 7 : 108.

Gabbard C, Bobbio T. The inability to mentally represent action may be associated with performance deficits in children with developmental coordination disorder. *Int J Neurosci* 2011 ; 121 : 113-20.

Gheysen F, Van Waelvelde H, Fias W. Impaired visuo-motor sequence learning in developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 749-56.

Gorgy O. TAC et dyspraxie : classifications, modèles théoriques et perspective neuroscientifique pour la compréhension de l'hétérogénéité des profils du trouble des coordinations motrices. *Thérapie Psychomotrice Recherches* 2012 ; n° 165 : 98-111.

Gilger JW, Kaplan BJ. Atypical brain development: a conceptual framework for understanding developmental learning disabilities. *Dev Neuropsychol* 2001 ; 20 : 465-81.

Gillberg C, Rasmussen P, Carlström G, *et al.* Perceptual, motor and attentional deficits in six-year-old children. Epidemiological aspects. *J Child Psychol Psychiatry* 1982 ; 23 : 131-44.

Gomez A, Piazza M, Jobert A, *et al.* Mathematical difficulties in developmental coordination disorder: symbolic and nonsymbolic number processing. *Res Dev Disabil* 2015 ; 43-44 : 167-78.

Gomez A, Piazza M, Jobert A, *et al.* Numerical abilities of school-age children with developmental coordination disorder (DCD): a behavioral and eye-tracking study. *Hum Mov Sci* 2016 ; 55 : 315-26.

Goulardins JB, Rigoli D, Licari M, *et al.* Attention deficit hyperactivity disorder and developmental coordination disorder: two separate disorders or do they share a common etiology. *Behav Brain Res* 2015 ; 292 : 484-92.

Guillot A, Hoyek N, Louis M, *et al.* Understanding the timing of motor imagery: recent findings and future directions. *Int Rev Sport Exerc Psychol* 2012 ; 5 : 3-22.

Hare TA, Casey BJ. The neurobiology and development of cognitive and affective control. *Cognition Brain Behavior* 2005 ; 9 : 273-86.

Harrowell I, Hollén L, Lingam R, *et al.* The impact of developmental coordination disorder on educational achievement in secondary school. *Res Dev Disabil* 2018 ; 72 : 13-22.

Hé J, Fuelscher I, Coxon J, *et al.* Impaired motor inhibition in developmental coordination disorder. *Brain Cogn* 2018 ; 127 : 23-33.

Henderson SE, Henderson L. Toward an understanding of developmental coordination disorder. *Adapt Phys Activ Q* 2002 ; 19 : 11-31.

Hill EL. Executive dysfunction in autism. *Trends Cogn Sci* 2004 ; 8 : 26-32.

Holeckova I, Cepicka L, Mautner P, *et al.* Auditory ERPs in children with developmental coordination disorder. *Activitas Nervosa Superior* 2014 ; 56 : 37-44.

Hughes C, Graham A. Measuring executive functions in childhood: problems and solutions? *Child Adolesc Ment Health* 2002 ; 7 : 131-42.

Hyde C, Fuelscher I, Buckthought K, *et al.* Motor imagery is less efficient in adults with probable developmental coordination disorder: evidence from the hand rotation task. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 3062-70.

Hyde C, Fuelscher I, Williams J, *et al.* Corticospinal excitability during motor imagery is reduced in young adults with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2018 ; 72 : 214-24.

Jarus T, Ghanouni P, Abel RL, *et al.* Effect of internal versus external focus of attention on implicit motor learning in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2015 ; 37 : 19-126.

Johnson DC, Wade MG. Children at risk for developmental coordination disorder: judgement of changes in action capabilities. *Dev Med Child Neurol* 2009 ; 51 : 397-403.

Johnston JS, Begum Ali J, Hill EL, Bremner AJ. Tactile localization performance in children with developmental coordination disorder (DCD) corresponds to their motor skill and not their cognitive ability. *Hum Mov Sci* 2017 ; 53 : 72-83.

Jokic CS, Whitebread D. The role of self-regulatory and metacognitive competence in the motor performance difficulties of children with developmental coordination disorder: a theoretical and empirical review. *Educ Psychol Rev* 2011 ; 23 : 75-98.

Kadesjo B, Gillberg C. Developmental coordination disorder in Swedish 7-year-old children. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1999 ; 38 : 820-8.

Kagerer FA, Bo J, Contreras-Vidal JL, *et al.* Visuomotor adaptation in children with developmental coordination disorder. *Motor Control* 2004 ; 8 : 450-60.

Kagerer FA, Contreras-Vidal JL, Bo J, *et al.* Abrupt, but not gradual visuomotor distortion facilitates adaptation in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2006 ; 25 : 622-33.

Kaplan BJ, Wilson BN, Dewey D, *et al.* DCD may not be a discrete disorder. *Hum Mov Sci* 1998 ; 17 : 471-90.

McLeod KR, Langevin LM, Goodyear B G, *et al.* Functional connectivity of neural motor networks is disrupted in children with developmental coordination disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuroimage Clin* 2014 ; 4 : 566-75.

Kirby A, Sugden D, Beveridge S, *et al.* Dyslexia and developmental coordination disorder in further and higher education : similarities and differences. Does the label influence the support given? *Dyslexia* 2008 ; 14 : 197-213.

Koch JKL, Miguel H, Smiley-Oyen AL. Prefrontal activation during stroop and Wisconsin card sort tasks in children with developmental coordination disorder: a NIRS study. *Exp Brain Res* 2018 ; 236 : 3053-64.

Langevin LM, Macmaster FP, Dewey D. Distinct patterns of cortical thinning in concurrent motor and attention disorders. *Dev Med Child Neurol* 2015 ; 57 : 257-64.

Langevin LM, Macmaster FP, Crawford S, *et al.* Common white matter microstructure alterations in pediatric motor and attention disorder. *J Pediatr* 2014 ; 164 : 1157-64.

Laszlo JI, Bairstow PJ, Bartrip J, *et al.* Clumsiness or perceptuo-motor dysfunction? *Adv Psychol* 1988 ; 55 : 293-310.

Laufer Y, Ashkenazi T, Josman N. The effects of a concurrent cognitive task on the postural control of young children with and without developmental coordination disorder. *Gait Posture* 2008 ; 27 : 347-51.

Lejeune C, Catale C, Willems S, *et al.* Intact procedural motor sequence learning in developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 1974-81.

Lejeune C, Wansard M, Geurten M, *et al.* Procedural learning, consolidation, and transfer of a new skill in developmental coordination disorder. *Child Neuropsychol* 2016 ; 22 : 143-54.

Leonard HC, Hill EL. Executive difficulties in developmental coordination disorder : methodological issues and future directions. *Cur Dev Dis Rep* 2015 ; 2 : 141-9.

Leonard HC, Bernardi M, Hill EL, *et al.* Executive functioning, motor difficulties, and developmental coordination disorder. *Dev Neuropsychol* 2015 ; 40 : 201-15.

Leonard HC. The impact of poor motor skills on perceptual, social and cognitive development: the case of developmental coordination disorder. *Front Psychol* 2016 ; 7 : 311.

Lewis M, Vance A, Maruff P, *et al.* Differences in motor imagery between children with developmental coordination disorder with and without the combined type of ADHD. *Dev Med Child Neurol* 2008 ; 50 : 608-12.

Li KY, Su WJ, Fu HW, Pickett KA. Kinesthetic deficit in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2015 ; 38 : 125-33.

Loh PR, Piek JP, Barrett NC. Comorbid ADHD and DCD: examining cognitive functions using the WISC-IV. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1260-9.

Lundy-Ekman L, Ivry R, Keele S, *et al.* Timing and force control deficits in clumsy children. *J Cogn Neurosci* 1991 ; 3 : 367-76.

Lust JM, Geuze RH, Wijers AA, *et al.* An EEG study of mental rotation-related negativity in children with developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2006 ; 32 : 649-63.

Mackenzie SJ, Getchell N, Deutsch K, *et al.* Multi-limb coordination and rhythmic variability under varying sensory availability conditions in children with DCD. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 256-69.

Mandich A, Buckolz E, Polatajko H. On the ability of children with developmental coordination disorder (DCD) to inhibit response initiation : the Simon effect. *Brain Cogn* 2002 ; 50 : 150-62.

Mandich A, Buckolz E, Polatajko H. Children with developmental coordination disorder (DCD) and their ability to disengage ongoing attentional focus: more on inhibitory function. *Brain Cogn* 2003 ; 51 : 346-56.

Mariën P, Wackenier P, De Surgeloose D, *et al.* Developmental coordination disorder: disruption of the cerebello-cerebral network evidenced by SPECT. *Cerebellum* 2010 ; 9 : 405-10.

Martini R, Wall AET, Shore BM. Metacognitive processes underlying psychomotor performance in children with differing psychomotor abilities. *Adapt Phys Activ Q* 2004 ; 21 : 248-68.

- Maruff P, Wilson P, Trebilcock M, *et al.* Abnormalities of imaged motor sequences in children with developmental coordination disorder. *Neuropsychologia* 1999 ; 37 : 1317-24.
- Michel E, Molitor S, Schneider W. Differential changes in the development of motor coordination and executive functions in children with motor coordination impairments. *Child Neuropsychol* 2018 ; 24 : 20-45.
- Michel E, Roethlisberger M, Neuenschwander R, *et al.* Development of cognitive skills in children with motor coordination impairments at 12-month follow-up. *Child Neuropsychol* 2011 ; 17 : 151-72.
- Miyahara M, Piek J, Barrett N. Accuracy of drawing in a dual-task and resistance-to-distraction study: motor or attention deficit? *Hum Mov Sci* 2006 ; 25 : 100-9.
- Mon-Williams MA, Pascal E, Wann JP. Ophthalmic factors in developmental coordination disorder. *Adapt Phys Activ Q* 1994 ; 11 : 170-8.
- Mon-Williams MA, Wann JP, Pascal E. Visual-proprioceptive mapping in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 1999 ; 41 : 247-54.
- Mon-Williams MA, Mackie RT, McCulloch DL, *et al.* Visual evoked potentials in children with developmental coordination disorder. *Optical Physiol Opt* 1996 ; 16 : 178-83.
- Mon-Williams MA, Tresilian JR, Bell VE, *et al.* The preparation of reach-to-grasp movements in adults, children, and children with movement problems. *Q J Exp Psychol A* 2005 ; 58 : 1249-63.
- Nicolson RI, Fawcett AJ. Automaticity: a new framework for dyslexia research? *Cognition* 1990 ; 35 : 159-82.
- Nicolson RI, Fawcett AJ. Procedural learning difficulties: reuniting the developmental disorders? *Trends Neurosci* 2007 ; 30 : 135-41.
- Noten M, Wilson P, Ruddock S, Steenbergen B. Mild impairments of motor imagery skills in children with DCD. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 1152-9.
- O'Brien JC, Williams HG, Bundy A, Lyons J, Mittal A. Mechanisms that underlie coordination in children with developmental coordination disorder. *J Mot Behav* 2008, 40 : 43-61.
- Oliveira RF de, Wann JP. Driving skills of young adults with developmental coordination disorder: regulating speed and coping with distraction. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1301-8.
- Omer S, Jijon AM, Leonard HC. Research review: internalising symptoms in developmental coordination disorder: a systematic review and meta-analysis. *J Child Psychol Psychiatry* 2018. doi : 10.1111/jcpp.13001.
- Parush S, Yochman A, Cohen D, *et al.* Relation of visual perception and visual-motor integration for clumsy children. *Percept Mot Skills* 1998 ; 86 : 291-5.
- Passingham RE. Attention to action. *Phil Trans Roy Soc Lond B* 1996 ; 351 : 1473-9.
- Pettit L, Charles J, Wilson AD, *et al.* Constrained action selection in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 286-95.

Piek JP, Dyck MJ, Francis M, *et al.* Working memory, processing speed, and set-shifting in children with developmental coordination disorder and attention-deficit-hyperactivity disorder. *Dev Med Child Neurol* 2007 ; 49 : 678-83.

Piek JP, Dyck MJ, Nieman A, *et al.* The relationship between motor coordination, executive functioning and attention in school aged children. *Arch Clin Neuropsychol* 2004 ; 19 : 1063-107.

Pitcher TM, Piek JP, Hay DA. Fine and gross motor ability in males with ADHD. *Dev Med Child Neurol* 2003 ; 45 : 525-35.

Polatajko H, Fox M, Missiuna C. An international consensus on children with developmental coordination disorder. *Can J Occup Ther* 1995 ; 62 : 3-6.

Posner MI. Structures and function of selective attention. In : Boll T, Bryant DK (eds). *Clinical neuropsychology and brain function: research, assessment and practice*. Washington, DC : American Psychological Association, 1988 : 173-202.

Pratt ML, Leonard HC, Adeyinka H, *et al.* The effect of motor load on planning and inhibition in developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 1579-87.

Purcell C, Wann JP, Wilmut K, *et al.* Roadside judgments in children with developmental co-ordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1283-92.

Puyjarinet F, Bégel V, Lopez R, *et al.* Children and adults with attention-deficit/hyperactivity disorder cannot move to the beat. *Sci Rep* 2017 ; 7 : 11550.

Querne L, Berquin P, Vernier-Hauvette MP, *et al.* Dysfunction of the attentional brain network in children with developmental coordination disorder: a fMRI study. *Brain Res* 2008 ; 1244 : 89-102.

Rahimi-Golkhandan S, Piek J, Steenbergen B, *et al.* Hot executive function in children with developmental coordination disorder: evidence for heightened sensitivity to immediate reward. *Cognitive Development* 2014 ; 32 : 23-37.

Rahimi-Golkhandan S, Steenbergen B, Piek J, *et al.* Reprint of Deficits of hot executive function in developmental coordination disorder: sensitivity to positive social cues. *Hum Mov Sci* 2015 ; 42 : 352-67.

Reynolds JE, Licari MK, Reid SL, *et al.* Reduced relative volume in motor and attention regions in developmental coordination disorder: a voxel-based morphometry study. *Int J Dev Neurosci* 2017 ; 58 : 59-64.

Reynolds JE, Thornton AL, Elliott C, *et al.* A systematic review of mirror neuron system function in developmental coordination disorder: imitation, motor imagery, and neuroimaging evidence. *Res Dev Disabil* 2015 ; 47 : 234-83.

Rigoli D, Piek JP, Kane R, *et al.* An examination of the relationship between motor coordination and executive functions in adolescents. *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 1025-31.

Rigoli D, Piek JP, Kane R, *et al.* An 18-month follow-up investigation of motor coordination and working memory in primary school children. *Hum Mov Sci* 2013 ; 32 : 1116-26.

- Roche R, Viswanathan P, Clark JE, *et al.* Children with developmental coordination disorder (DCD) can adapt to perceptible and subliminal rhythm changes but are more variable. *Hum Mov Sci* 2016 ; 50 : 19-29.
- Roche R, Wilms-Floet AM, Clark JE, *et al.* Auditory and visual information do not affect self-paced bilateral finger tapping in children with DCD. *Hum Mov Sci* 2011 ; 30 : 658-71.
- Roebbers CM, Kauer M. Motor and cognitive control in a normative sample of 7-year-olds. *Dev Sci* 2009 ; 12 : 175-81.
- Rosenblum S, Regev N. Timing abilities among children with developmental coordination disorders (DCD) in comparison to children with typical development. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 218-27.
- Sangster-Jokic CA, Whitebread D. Self-regulatory skill among children with and without developmental coordination disorder: an exploratory study. *Phys Occup Ther Pediatr* 2016 ; 36 : 1-21.
- Schmidt RA, Lee T, Winstein C, *et al.* *Motor control and learning*, 6th ed. London : Human Kinetics, 2018.
- Schoemaker MM, Van Der Wees M, Flapper B, *et al.* Perceptual skills of children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 111-33.
- Schmidt RA, Lee T, Winstein C, Wulf G, Zelaznik H. *Motor control and learning*, 7th ed. London : Human kinetics, 2019.
- Sergeant JA, Piek JP, Oosterlaan J. ADHD and DCD: a relationship in need of research. *Hum Mov Sci* 2006 ; 25 : 76-89.
- Shallice T, Vanier M. *Test de la Tour de Londres*. Université de Montréal, décembre 1991.
- Sigmundsson H, Hansen PC, Talcott JB. Do clumsy children have visual deficits. *Behav Brain Res* 2003 ; 139 : 123-9.
- Sigmundsson H, Hopkins B. Do clumsy children have visual recognition problems? *Child Care Health Dev* 2005 ; 31 : 155-8.
- Sigmundsson H, Ingvaldsen RP, Whiting HTA. Inter-and intra-sensory modality matching in children with hand-eye co-ordination problems. *Exp Brain Res* 1997 ; 114 : 492-99.
- Sigmundsson H, Whiting HTA, Ingvaldsen RP. Putting your foot in it ! A window into clumsy behaviour. *Behav Brain Res* 1999 ; 102 : 129-36.
- Sims K, Henderson SE, Morton J, *et al.* The remediation of clumsiness. II: is kinaesthesia the answer? *Dev Med Child Neurol* 1996 ; 38 : 988-97.
- Sinani C, Sugden DA, Hill EL. Gesture production in school vs. clinical samples of children with developmental coordination disorder (DCD) and typically developing children. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1270-82.
- Smyth MM, Mason UC. Planning and execution of action in children with and without developmental coordination disorder. *J Child Psychol Psychiatry* 1997 ; 38 : 1023-37.

Smyth MM, Mason UC. Use of proprioception in normal and clumsy children. *Dev Med Child Neurol* 1998 ; 40 : 672-81.

Stein BE, Meredith MA. *The merging of the senses*. Cambridge, MA : MIT Press, 1993.

Sumner E, Hutton SB, Kuhn G, *et al.* Oculomotor atypicalities in developmental coordination disorder. *Dev Sci* 2018 ; 21. doi: 10.1111/desc.12501.

Tal Saban MT, Ornoy A, Parush S. Executive function and attention in young adults with and without developmental coordination disorder: comparative study. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 2644-50.

Tallet J, Albaret JM, Barral J. Developmental changes in lateralized inhibition of symmetric movements in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 2523-32.

Tallet J, Albaret JM, Riviere J. The role of motor memory in action selection and procedural learning: insights from children with typical and atypical development. *Socioaffect Neurosci Psychol* 2015 ; 5 : 28004.

Thornton S, Bray S, Langevin LM, *et al.* Functional brain correlates of motor response inhibition in children with developmental coordination disorder and attention deficit/hyperactivity disorder. *Hum Mov Sci* 2018 ; 59 : 134-42.

Trainor LJ, Chang A, Cairney J, *et al.* Is auditory perceptual timing a core deficit of developmental coordination disorder? *Ann NY Acad Sci* 2018 ; 1423 : 30-9.

Toussaint-Thorin M, Marchal F, Benkhaled O, *et al.* Executive functions of children with developmental dyspraxia: assessment combining neuropsychological and ecological tests. *Ann Phys Rehabil Med* 2013 ; 56 : 268-87.

Tsai CL. The effectiveness of exercise intervention on inhibitory control in children with developmental coordination disorder: using a visuospatial attention paradigm as a model. *Res Dev Disabil* 2009 ; 30 : 1268-80.

Tsai CL, Wilson PH, Wu SK. Role of visual-perceptual skills (non-motor) in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008a ; 27 : 649-64.

Tsai CL, Wu SK. Relationship of visual perceptual deficit and motor impairment in children with developmental coordination disorder. *Percept Mot Skills* 2008b ; 107 : 457-72.

Tsai CL, Wang CH, Tseng YT. Effects of exercise intervention on event-related potential and task performance indices of attention networks in children with developmental coordination disorder. *Brain Cogn* 2012 ; 79 : 12-22.

Tsai CL, Pan CY, Chang YK, *et al.* Deficits of visuospatial attention with reflexive orienting induced by eye-gazed cues in children with developmental coordination disorder in the lower extremities: an event-related potential study. *Res Dev Disabil* 2010 ; 31 : 642-55.

Tsai CL, Pan CY, Cherng RJ, *et al.* Dual-task study of cognitive and postural interference: a preliminary investigation of the automatization deficit hypothesis of developmental co-ordination disorder. *Child Care Health Dev* 2009a ; 35 : 551-60.

- Tsai CL, Pan CY, Cherng RJ, *et al.* Mechanisms of deficit of visuospatial attention shift in children with developmental coordination disorder: a neurophysiological measure of the endogenous Posner paradigm. *Brain Cogn* 2009b ; 71 : 246-58.
- Ullman MT, Pullman MY. A compensatory role for declarative memory in neuro-developmental disorders. *Neurosci Biobehav Rev* 2015 ; 51 : 205-22.
- Van Swieten LM, van Bergen E, Williams JHG, *et al.* A test of motor (not executive) planning in developmental coordination disorder and autism. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2010 ; 36 : 493-9.
- Visser J. Developmental coordination disorder: a review of research on subtypes and comorbidities. *Hum Mov Sci* 2003 ; 22 : 479-93.
- Wade MG, Kazeck M. Developmental coordination disorder and its cause: the road less travelled. *Hum Mov Sci* 2018 ; 57 : 489-500.
- Wade MG, Tsai CL, Stoffregen T, *et al.* Perception of object length via manual wielding in children with and without developmental coordination disorder. *J Mot Behav* 2016 ; 48 : 13-9.
- Wang CH, Lo YH, Pan CY, *et al.* Frontal midline theta as a neurophysiological correlate for deficits of attentional orienting in children with developmental coordination disorder. *Psychophysiology* 2015 ; 52 : 801-12.
- Werner JM, Cermak SA, Aziz-Zadeh L. Neural correlates of developmental coordination disorder: the mirror neuron system hypothesis. *J Behav Brain Sci* 2012 ; 2 : 258.
- Whitall J, Chang TY, Horn CL, *et al.* Auditory-motor coupling of bilateral finger tapping in children with and without DCD compared to adults. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 914-31.
- Whitall J, Getchell N, McMenamin S, *et al.* Perception-action coupling in children with and without DCD: frequency locking between task-relevant auditory signals and motor responses in a dual-motor task. *Child Care Health Dev* 2006 ; 32 : 679-92.
- Williams HG, Woollacott MH, Ivry R. Timing and motor control in clumsy children. *J Mot Behav* 1992 ; 24 : 165-72.
- Williams J, Anderson V, Reddihough DS, *et al.* A comparison of motor imagery performance in children with spastic hemiplegia and developmental coordination disorder. *J Clin Exp Neuropsychol* 2011 ; 33 : 273-82.
- Williams J, Omizzolo C, Galea MP, *et al.* Motor imagery skills of children with attention deficit hyperactivity disorder and developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2013 ; 32 : 121-35.
- Williams J, Thomas PR, Maruff P, *et al.* Motor, visual and egocentric transformations in children with developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2006 ; 32 : 633-47.
- Williams J, Thomas PR, Maruff P, *et al.* The link between motor impairment level and motor imagery ability in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 270-85.

Wilmot K, Wann J. The use of predictive information is impaired in the actions of children and young adults with developmental coordination disorder. *Exp Brain Res* 2008 ; 191 : 403-18.

Wilmot K, Byrne M. Grip selection for sequential movements in children and adults with and without developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2014 ; 36 : 272-84.

Wilmot K, Brown JH, Wann JP. Attention disengagement in children with developmental coordination disorder. *Disabil Rehabil* 2007 ; 29 : 47-55.

Wilmot K, Byrne M, Barnett AL. Reaching to throw compared to reaching to place: a comparison across individuals with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 174-82.

Wilson PH, McKenzie BE. Information processing deficits associated with developmental coordination disorder: a meta-analysis of research findings. *J Child Psychol Psychiatry* 1998 ; 39 : 829-40.

Wilson PH, Adams IL, Caeyenberghs K, *et al.* Motor imagery training enhances motor skill in children with DCD: a replication study. *Res Dev Disabil* 2016 ; 57 : 54-62.

Wilson PH, Maruff P, Butson M, *et al.* Internal representation of movement in children with developmental coordination disorder: a mental rotation task. *Dev Med Child Neurol* 2004 ; 46 : 754-9.

Wilson PH, Maruff P, Ives S, *et al.* Abnormalities of motor and praxis imagery in children with DCD. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 135-59.

Wilson PH, Maruff P, Lum J. Procedural learning in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2003 ; 22 : 515-26.

Wilson PH, Ruddock S, Smits-Engelsman B, *et al.* Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: a meta-analysis of recent research. *Dev Med Child Neurol* 2013 ; 55 : 217-28.

Wilson PH, Smits-Engelsman B, Caeyenberghs K, *et al.* Cognitive and neuroimaging findings in developmental coordination disorder: new insights from a systematic review of recent research. *Dev Med Child Neurol* 2017a ; 59 : 1117-29.

Wilson PH, Smits-Engelsman B, Caeyenberghs K, *et al.* Toward a hybrid model of developmental coordination disorder. *Curr Dev Disord Rep* 2017b ; doi:10.1007/s40474-017-0115-0.

Wilson PH, Thomas PR, Maruff P. Motor imagery training ameliorates motor clumsiness in children. *J Child Neurol* 2002 ; 17 : 491-8.

Wuang YP, Su CY, Su JH. Wisconsin card sorting test performance in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1669-76.

Wulf G. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *Int Rev Sport Exerc Psychol* 2013 ; 6 : 77-104.

Zwicker JG, Harris SR, Klassen AF. Quality of life domains affected in children with developmental coordination disorder: a systematic review. *Child Care Health Dev* 2013 ; 39 : 562-80.

Zwicker JG, Missiuna C, Boyd LA. Neural correlates of developmental coordination disorder: a review of hypotheses. *J Child Neurol* 2009 ; 24 : 1273-81.

Zwicker JG, Missiuna C, Harris SR, *et al.* Brain activation associated with motor skill practice in children with developmental coordination disorder: an fMRI study. *Int J Dev Neurosci* 2011 ; 29 : 145-52.

9

Contrôle sensorimoteur

Les enfants présentant un TDC constituent un groupe hétérogène qui présente des difficultés communes dans l'apprentissage et l'utilisation d'habiletés motrices, en dépit d'un niveau intellectuel préservé et de l'absence de troubles sensoriels ou moteurs primaires. Ce trouble des apprentissages moteurs entraîne des répercussions directes et indirectes non négligeables sur la qualité de vie quotidienne qui peuvent persister jusqu'à l'âge adulte (Rasmussen et Gillberg, 2000 ; Biancotto et coll., 2011). Même si l'étiologie du TDC ne fait pas encore l'objet d'un consensus, le fait que ce trouble soit dû à des facteurs intrinsèques à l'enfant met l'accent sur l'origine neurobiologique de ce trouble.

Le champ du contrôle moteur a exploré depuis plus de vingt ans ce trouble spécifique de la motricité, sans se soucier le plus souvent, de l'existence possible d'autres désordres sortant de son domaine d'exploration. Au fil des années, la MABC associée ou non à d'autres tests cognitivo-moteurs a largement contribué à rendre la population porteuse de TDC plus comparable dans la littérature internationale. Néanmoins, des études récentes commencent à distinguer la présence ou non de comorbidité dans les groupes d'enfants présentant un TDC, ce qui conduit à nuancer certains résultats précédemment établis (Smits-Engelman et coll., 2015 ; Jelsma et coll., 2016 ; Cignetti et coll., 2018). En effet, rappelons qu'une caractéristique de cette pathologie développementale est qu'elle est souvent accompagnée d'autres difficultés d'apprentissage qui touchent aussi bien la sphère de l'attention, que la sphère de la lecture et/ou de l'écriture et bien d'autres (Clark et Whitall, 2011 ; Zwicker et coll., 2012 ; Vaivre-Douret, 2014), soulevant ainsi la question pertinente d'une étiologie commune ou dissociée (Biotteau et coll., 2015). Certainement en lien avec la nature du MABC, les grandes fonctions motrices comme la posture, la locomotion et les habiletés bimanuelles ont été méthodiquement étudiées chez les enfants présentant un TDC permettant ainsi, depuis la fin des années 90, d'engranger de multiples différences en comparaison de leurs pairs au développement typique. Parallèlement à cette approche descriptive quantifiée, qui constitue un socle préalable indispensable, les années 2000 ont davantage cherché une inspiration dans les

concepts du contrôle moteur, de la théorie des systèmes dynamiques et des neurosciences pour établir des modèles explicatifs du TDC, depuis le couplage perception-action, l'approche dynamique de la coordination, jusqu'à la cognition motrice avec la théorie des représentations internes de l'action.

Variabilité et ralentissement accompagnent les performances motrices des enfants porteurs d'un TDC

Une majorité de travaux dédiés au TDC, explorant diverses tâches sensori-motrices de laboratoire ou de la vie quotidienne, rapporte une variabilité intra et interindividuelle excessive qui accompagne les paramètres moteurs et locomoteurs, des enfants présentant un TDC, tels que la vitesse, la précision, la stabilisation (Smits-Engelsman et coll., 2008 et 2013 ; Rosengren et coll., 2009 ; Chia et coll., 2013 ; Licari et Reynolds, 2017 ; Wilmut et coll., 2017), conduisant ainsi certains chercheurs à proposer un indice de variabilité qui caractérise cette augmentation en lien avec les déficits comportementaux individuels (King et coll., 2011 et 2012). La notion de bruit neuromoteur a également été évoquée pour rendre compte de la variabilité excessive qui caractérise la motricité des enfants porteurs d'un TDC (Smits-Engelsman et Wilson, 2013). D'après ces auteurs, le bruit neuromoteur se conçoit à tous les stades du contrôle sensorimoteur depuis les récepteurs sensoriels, la planification centrale du mouvement jusqu'aux activations musculaires et sorties motrices. À ce propos, une étude récente confirme la faible capacité anaérobie des enfants présentant un TDC lors de tests de puissance musculaire (Aertssen et coll., 2016). Ce bruit excessif contaminerait les processus de planification du geste, engendrant une incertitude quant à la précision du mouvement final, ce qui rendrait les prédictions sur le corps en mouvement plus difficiles, et affecterait ainsi le contrôle prédictif. Dans une récente revue de questions, Licari et Reynolds (2017) s'interrogent plus largement sur les facteurs responsables de cette variabilité dans le TDC et mettent en avant la variabilité des aires cérébrales impactées selon les études, de même que la contribution génétique.

Une seconde constante qui ressort fortement de la littérature est un déficit de l'organisation temporelle de la coordination entre les différents segments corporels engagés dans le mouvement. Ce déficit dans le réglage temporel, souvent au profit d'un ralentissement, affecte les performances motrices et perceptivo-motrices (Geuze et Kalverboer, 1987 et 1994 ; Van Waelvelde et coll., 2005 ; Diamond et coll., 2014 ; Caçola et coll., 2016 ; Gentle et coll., 2016). Il est à noter que le ralentissement constitue, dans le développement cognitivo-moteur typique, la première stratégie adaptative en réponse à

l'augmentation de la difficulté à surmonter (Assaiante et Amblard, 1995). La maîtrise des paramètres temporels (vitesse, durée, latences, etc.) est particulièrement longue à se mettre en place au cours de l'enfance et de l'adolescence et elle est souvent décrite comme vulnérable dans le cas de pathologies développementales ou survenant chez l'adulte (Assaiante, 2012 ; Assaiante et Amblard, 1995 ; Assaiante et coll., 2005). Dans le cas du TDC, ce déficit des paramètres temporels affecte aussi bien le contrôle de l'équilibre que les coordinations intersegmentaires.

Contrôle de l'équilibre, tâches de saisie et de coordination : la triade initiale des déficits

En situation de posture statique normale et familière, le contrôle de l'équilibre ne constitue pas un problème pour la majorité des enfants présentant un TDC (Geuze, 2003 et 2005 ; Tsai et coll., 2008). En revanche, en situation rendue difficile soit par la réduction de la surface d'appui, soit par une suppression sensorielle, la vision le plus souvent, le contrôle de l'équilibre se trouve affecté. Des séquences d'activation musculaire temporellement inadaptées, des co-contractions des muscles antagonistes (Raynor, 2001) et des décharges musculaires moins puissantes constituent les caractéristiques d'un contrôle postural déficient rencontré chez les enfants porteurs d'un TDC (Geuze, 2005 ; Fong et coll., 2013 et 2015).

En effet, un contrôle postural efficace est assuré par l'intégration des différentes informations sensorielles disponibles. La sélection et la repondération sensorielles opèrent en fonction du contexte et de la période développementale de chaque individu. Ainsi, l'enfant et l'adolescent comme l'adulte utilisent les informations visuelles, vestibulaires et proprioceptives au service du contrôle postural, mais leurs contributions respectives varient au cours de l'ontogenèse (Assaiante et Amblard, 1995). À partir de 7-8 ans, l'enfant au développement typique est capable de commencer à pondérer ses entrées sensorielles en fonction du contexte, par exemple à donner plus de poids aux informations en provenance du support sur lequel il se tient en l'absence de vision (Assaiante, 2012 ; Assaiante et coll., 2005). Chez les enfants présentant un TDC, plusieurs études rapportent un déficit de l'organisation sensorielle du contrôle de l'équilibre en situation difficile avec une moins bonne utilisation des informations vestibulaires (Grove et Lazarus, 2007) et proprioceptives (Fong et coll., 2011 et 2012) au profit des informations visuelles (Deconinck et coll., 2008). Il est possible, toutefois, d'améliorer l'utilisation de la modalité proprioceptive au profit de l'équilibre, soit par un entraînement somatosensoriel spécifique, tel que le programme

d'entraînement de mouvement fonctionnel autour de l'équilibre (FMT), à raison de deux séances par semaine pendant trois mois (Fong et coll., 2016), soit par un contact léger du doigt sur un support permettant d'établir un appui (Bair et coll., 2011 ; Chen et Tsai, 2016). Par ailleurs, une augmentation de la dépendance visuelle pour le contrôle locomoteur a été signalée, comme le montre la dégradation massive du contrôle postural en l'absence de vision (Deconinck et coll., 2006). Néanmoins cette prédominance de la vision au service du contrôle postural n'est pas retrouvée dans toutes les études (Geuze, 2005 ; Tsai et coll., 2008), certainement en raison de différences dans la manipulation du flux visuel. Dans tous les cas, ces études illustrent bien le déficit de repondération sensorielle ainsi qu'une insuffisance de fusion multisensorielle (intégration en un percept unique de l'ensemble des signaux sensoriels) qui touchent cette pathologie dans la réalisation de tâches posturales complexes (Cherng et coll., 2007 ; Bair et coll., 2012).

Dans la vie quotidienne, le contrôle postural a rarement pour vocation d'être statique. En situation dynamique, il permet l'expression d'une motricité harmonieuse et efficace, en assurant l'équilibre lors de l'initiation et au cours de la réalisation d'une action ou de multiples actions simultanées. Des difficultés d'équilibre sont plus fréquemment rapportées chez les enfants présentant un TDC, tant en conditions dynamiques qu'en conditions statiques, notamment lors de l'enjambement d'obstacles (Deconinck et coll., 2010), et lors de la course (Chia et coll., 2013 ; Diamond et coll., 2014). Les doubles tâches, en augmentant le coût attentionnel, augmentent aussi davantage les difficultés d'équilibre locomoteur chez les enfants présentant un TDC comparés à leurs pairs (Cherng et coll., 2009). L'ajout d'une tâche cognitive concurrente à la tâche posturale détériore le contrôle de l'équilibre des enfants porteurs d'un TDC qui semblent prioriser la tâche cognitive (Laufer et coll., 2008 ; Chen et coll., 2011 ; Schott et coll., 2016). Ces résultats sont interprétés comme un déficit d'automatisation du contrôle de l'équilibre, dès lors qu'une autre tâche requiert des ressources attentionnelles. Enfin, il convient de rapporter également une étude récente (Fong et coll., 2016) qui souligne le déficit attentionnel des enfants présentant un TDC engagés dans des tâches motrices, ce qui expliquerait, en partie, la détérioration des performances motrices par un manque d'attention, qui n'est pas suffisamment examiné, dans la pratique clinique, comme trouble associé éventuel.

La variabilité d'activation neuromusculaire, les problèmes de réglage temporel, de force musculaire inadéquate et de pondération des informations sensorielles, évoqués ci-dessus dans le contrôle postural affectent également les performances recueillis dans des tâches de pointage (Wilmot et coll., 2006 ; Elders et coll., 2010), de saisie et de rattrapage d'objet en mouvement

(Peireira et coll., 2001 ; Van Waelvelde et coll., 2004 ; Astill et Utley, 2008). Les déficits neuromusculaires, responsables du ralentissement sont également rapportés lors de tâches de saisie (Biancotto et coll., 2011). Néanmoins le contrôle de saisie chez les enfants présentant un TDC reste modulable en fonction des caractéristiques de l'objet à soulever (Law et coll., 2010), même si leur saisie est caractérisée par une force excessive qui résulte d'une marge de sécurité élevée (Pereira et coll., 2001). Il est à noter que les enfants porteurs d'un TDC qui présentent également des troubles de l'attention n'ont pas de déficits supplémentaires dans des tâches de saisie de précision (Pereira et coll., 2001). Ainsi, il semblerait que les caractéristiques des objets à saisir soient correctement représentées alors que les prédictions du geste de saisie soient plus approximatives.

Le rattrapage d'objet en mouvement, le plus souvent une balle, requiert que les mains soient posées sur l'objet à la bonne place et au bon moment. La force et la maîtrise temporelle des effecteurs en action nécessitent d'être ajustée à la vitesse, la direction, le poids et la taille de l'objet à réceptionner (Van Waelvelde et coll., 2004). Cette habileté perceptivo-motrice peut être interprétée comme un parfait exemple de couplage perception-action et d'anticipation sur la base d'une représentation sensorimotrice. Le rattrapage de balle est inclus dans la plupart des tests destinés à évaluer les déficits visuels perceptifs associés aux déficits moteurs. Les stratégies cinématiques de rattrapage de balle adoptées par les enfants présentant un TDC ne sont pas simplement des stratégies immatures d'enfants plus jeunes au développement typique, elles sont véritablement atypiques et produisent souvent des résultats inférieurs (Van Waelvelde et coll., 2004 ; Astill, 2007 ; Mak, 2010). Certains auteurs évoquent un défaut de préparation motrice, particulièrement marqué lorsque le mouvement est complexe (Mon-Williams et coll., 2005). En fait les enfants porteurs d'un TDC n'exploiteraient pas aussi efficacement que leurs pairs, les informations présentes dans l'environnement de la tâche pour optimiser leur saisie.

Il ressort donc de la littérature que les déficits premiers et incontournables du TDC concernent le contrôle de l'équilibre, les tâches de coordination et la capacité à intégrer et à pondérer les différentes modalités sensorielles.

Les troubles de la coordination sensorimotrice : apport de la théorie dynamique

Le TDC, comme son nom l'indique, se manifeste par un déficit de coordination. La théorie des systèmes dynamiques suggère que la coordination est

une propriété émergente, auto-organisée du système perceptivo-moteur, nourrie à la fois de l'interaction entre ses composantes et de l'effet de contraintes globales qui s'exercent sur lui. Dans l'approche motrice classique, les différents éléments du système effecteur exécutent les instructions en provenance du système nerveux central. Le contrôle des mouvements se fait donc de façon prescriptive : les ordres moteurs sont émis par le système nerveux central en direction des effecteurs. Selon l'approche dynamique, la coordination est considérée comme un problème d'auto-organisation, où le mouvement produit n'est pas la conséquence directe, d'une instruction externe. Les composants du système coopèrent et agissent en interaction afin de réaliser un but commun. Les travaux pionniers de Kelso (1984) ont apporté la première preuve expérimentale d'auto-organisation dans le domaine de la motricité à partir de tâches de coordination bimanuelle. Cette théorie met l'accent sur la dynamique propre du système qui favorise des états stables, la façon de les obtenir, grâce à des attracteurs (ou coordinations préférentielles), et de les maintenir en fonction des contraintes imposées au système.

Selon cette théorie, il existe des coordinations préférentielles entre deux membres ou entre un membre et un stimulus. Il s'agit de la coordination « en phase », pour laquelle les membres sont activés de manière synchrone entre eux ou avec un stimulus, et de la coordination « en antiphase » pour laquelle les membres sont activés en alternance entre eux ou avec un stimulus. Chez l'individu typique, la coordination en phase est plus stable que la coordination en antiphase, comme en témoigne une déstabilisation de la coordination en antiphase lorsqu'on impose d'augmenter la fréquence de mouvement, au profit d'un passage vers la coordination en phase (Kelso, 1984). Chez les enfants présentant un TDC, les résultats expérimentaux montrent que la coordination en antiphase est particulièrement instable lorsque les contraintes augmentent (fréquence de mouvement), que la tâche soit bimanuelle (Volman et Geuze, 1998 ; Volman et coll., 2006) ou qu'il s'agisse d'une synchronisation audio-motrice (Whitall et coll., 2006 et 2008 ; De Castelnau et coll. 2008 ; Roche et coll., 2011).

En utilisant ce modèle théorique pour caractériser la coordination sensori-motrice des enfants porteurs d'un TDC, Volman et Geuze (1998) ont conclu que la présence d'attracteurs moins puissants pouvait être responsable de l'instabilité des patrons moteurs, maintes fois décrite dans la littérature (MacKenzie et coll., 2008). De nombreux papiers inspirés par cette approche dynamique ont rapporté une coordination intersegmentaire altérée en raison d'une organisation spatiale et temporelle déficiente, s'agissant de tâches bimanuelles (Astill et Utley, 2006 ; Przysucha et Maraj, 2013 et 2014) ou

de tâches impliquant le couple main-pied (Volman et coll., 2006). D'autres études ont davantage mis en avant des troubles de la synchronisation du mouvement d'une main (*tapping*) avec un métronome (De Castelnau et coll., 2007 ; Mackenzie et coll., 2008 ; De Castro Ferracioli et coll., 2014). Malgré une grande hétérogénéité dans les résultats d'enfants présentant un TDC, ces résultats suggèrent à nouveau des troubles de l'organisation temporelle du mouvement largement évoqués dans l'ensemble de la littérature.

Enfin, d'autres études indiquent que les enfants porteurs d'un TDC présentent une tendance à produire des mouvements miroirs avec les deux mains (en phase) lorsqu'une tâche uni-manuelle leur est demandée (Licari et coll., 2006 ; Licari et Larkin, 2008 ; Talbot et coll., 2013 ; Licari et coll., 2015 ; Blais et coll., 2018). La présence de mouvements miroirs, aussi appelées syncinésies controlatérales en français, pourrait également expliquer en partie les troubles de coordination motrices des enfants porteurs d'un TDC, lors de tâches uni-manuelles ou bimanuelles complexes. En effet, les mouvements miroirs (coordination symétrique / en phase) correspondraient à un attracteur entravant la production d'autres coordinations asymétriques (Blais et coll., 2018).

D'une exploration du système visuel à un désordre visuo-spatial : une piste qui fait débat

En dépit d'un trouble évident de la repondération sensorielle, évoqué précédemment, la possibilité d'une atteinte directe de la perception des différentes modalités impliquées dans le contrôle sensorimoteur reste une question posée dans la littérature. Dès 1998, Wilson et McKenzie défendent l'idée que le déficit le plus marquant des enfants présentant un TDC est d'ordre visuo-spatial et qu'il s'avère donc indispensable d'explorer également les éventuels déficits perceptifs de ces enfants (voir chapitre « Cognition »). L'importance du rôle joué par la vision dans le développement moteur, appelle naturellement une exploration détaillée du système visuel (Gibson et Walk, 1960 ; Lee et Aronson, 1974 ; Assaiante et Amblard, 1995 ; Chokron et Dutton, 2016).

Le développement oculomoteur constitue une voie d'accès privilégiée pour explorer le développement du contrôle sensorimoteur et des fonctions exécutives comme l'inhibition ou la prise de décision ainsi que l'intégrité des structures cérébrales sous-jacentes (Katschmarsky et coll., 2001 ; Grinter et coll., 2010 ; Sumner et coll., 2016 ; Gaymard et coll., 2017). Ainsi, il apparaît que la durée des poursuites oculaires et les performances d'antisaccade,

qui mesurent l'inhibition, constituent des indicateurs fiables qui permettent de distinguer les enfants présentant un TDC de leurs pairs (Sumner et coll., 2016). Diverses tâches de saccades oculaires ont rapporté des particularités chez les enfants présentant un TDC, notamment l'augmentation de la variabilité, de l'imprécision et des défauts de réglage temporel, comme le profil de vitesse maximale diminué au profit de phases prolongées de décélération ; autant d'anomalies qui pourraient refléter un dysfonctionnement du cervelet et des connections fronto-cérébelleuses (Gaymard et coll., 2017). Les mêmes interprétations sont proposées pour les déficits de poursuites horizontale et verticale chez les enfants présentant un TDC (Robert et coll., 2014). Les enfants porteurs d'un TDC présentent également des problèmes d'inhibition saccadique et de maintien d'attention sur une cible visuelle (Sumner et coll., 2016). Ces résultats corroborent d'autres données provenant des approches cognitives sur les déficits perceptifs et les perturbations des fonctions attentionnelles (voir chapitre « Cognition »).

Il convient également de signaler un certain nombre d'anomalies ophtalmiques rapportées chez les enfants porteurs d'un TDC, touchant la vision binoculaire, l'erreur réfractive, l'accommodation et l'alignement oculaire, dont les répercussions peuvent être négatives au niveau de l'apprentissage de la lecture (Creavin et coll., 2013 ; Rafique et Northway, 2015), sans que ces anomalies soient spécifiques du TDC (Vaivre-Douret et coll., 2011). En effet, la plupart de ces études, ne mentionnent pas d'information sur la comorbidité de leurs échantillons, si ce n'est que leurs sujets ne présentent aucun trouble de l'attention ni déficits intellectuels. Il est donc possible que ces études aient inclus des enfants avec une comorbidité entre TDC et dyslexie, ce qui modèrerait leurs conclusions. Ainsi se posent les questions de savoir si ces désordres du système visuel sont inhérents au TDC ou bien s'il s'agit d'une comorbidité intimement liée aux troubles de l'acquisition de l'alphabétisation, de l'attention et de la lecture (Fletcher-Flinn et coll., 1997 ; Crawford et Dewey, 2008). Par ailleurs, la revue de question récente de Chokron et Dutton (2016) nous alerte sur l'existence de déficits visuels cérébraux, notamment chez les prématurés, qui en impactant le développement des habiletés motrices, conduisent à des troubles visuo-spatiaux et visuo-moteurs, proches du TDC.

En dépit de ces interrogations, différents travaux s'accordent sur la présence de troubles visuo-spatiaux chez les enfants porteurs d'un TDC (Tsai et coll., 2008 et 2010 ; Cheng et coll., 2014). Ces mêmes travaux soulignent également l'hétérogénéité des enfants présentant un TDC, suggérant l'existence probable d'un sous-groupe, spécifiquement porteur de ces troubles visuo-spatiaux (Tsai et coll., 2008 ; Chaix et Albaret, 2014). La proposition d'un sous-groupe d'enfants présentant un TDC permet de concilier, dans la

littérature, les résultats contradictoires qui n'indiquent aucun troubles visuo-spatiaux (Schoemaker et coll., 2001).

Selon la définition d'Irani (2011), l'habileté visuo-spatiale constitue une composante de la perception visuelle qui permet le traitement de l'orientation visuelle ou de l'emplacement des objets dans l'espace qui s'appuie sur la voie occipito-pariétale ou dorsale de l'information visuelle. La voie visuelle dorsale présente la particularité d'être impliquée à la fois dans la perception et l'action (Pisella et coll., 2009). Elle contribue au développement fonctionnel du réseau sous-tendant des habiletés visuo-motrices de haut niveau (praxies) et les habiletés visuo-cognitives (Pisella et coll., 2013). L'hypothèse d'un déficit de la voie dorsale chez les enfants porteurs d'un TDC est l'objet de résultats discordants (Grinter et coll., 2010). En 2002, O'Brien et ses collaborateurs rapportent un déficit global spatial, chez les enfants porteurs d'un TDC, non pas sur la voie dorsale mais sur la voie ventrale, occipito-temporale, sur la base d'une épreuve de détection de seuils de cohérence de forme plus élevés chez les enfants présentant un TDC, en comparaison de leurs pairs. Aucune différence de seuil n'a pu être établie sur l'épreuve de cohérence de mouvement. Cependant, ces résultats sont contredits en 2003 par l'étude de Sigmundsson et ses collaborateurs qui montre une atteinte des deux voies dorsale (occipito-pariétale) et ventrale (occipito-temporale) dans des tâches similaires. Le nombre peu élevé de sujets dans ces deux études et l'hétérogénéité des échantillons peuvent aisément expliquer ces résultats discordants, de même que la question des éventuelles comorbidités non renseignée (Chaix et Albaret, 2014). Quoi qu'il en soit, l'hypothèse d'un déficit de la voie dorsale chez les enfants présentant un TDC a été suggérée dans de récentes études (Vaivre-Douret et coll., 2011 et 2012 ; Robert et coll., 2014), et reste une piste prometteuse qu'il convient d'éclaircir, au plus tôt, avec un groupe conséquent et bien identifié d'enfants porteurs d'un TDC. L'utilisation d'un test développemental révélant la lente acquisition de la perception visuo-spatiale et de son substrat cérébral semble être la meilleure option pour répondre à cette question (Pisella et coll., 2013).

Le couplage perception-action est altéré dans le TDC

Une des caractéristiques essentielles de la motricité est d'assurer dès la naissance le dialogue entre l'individu et son environnement. Cette interaction est possible grâce à un couplage précoce qui est réalisé entre l'environnement perçu, aussi bien physique que social, et l'action engagée pour agir sur cet environnement (Gibson et Walk, 1960 ; Lee et Aronson, 1974 ; Meltzoff et Moore, 1977 ; Adolph et coll., 1993).

Chez les enfants présentant un TDC, de nombreuses études ont apporté des preuves expérimentales d'un déficit du couplage perception-action et d'un manque d'adaptabilité lors des situations de transition et/ou de complexification de la tâche (Johnson et Wade, 2007 et 2009 ; Cantin et coll., 2014). L'apprentissage de la conduite automobile sur simulateur, plus long et moins performant, chez les enfants présentant un TDC est un bon exemple de l'atteinte du couplage perception-action, pour lequel l'hypothèse d'un déficit de la voie dorsale est évoquée (Oliveira et Wann, 2011). Les jeunes adultes porteurs d'un TDC ont des difficultés à intégrer les informations visuelles de l'espace proche et de l'espace lointain pour les mouvements de guidage, ce qui suggère que leur intégration est sous-optimale et valide partiellement un déficit cérébelleux (Oliveira et Wann, 2010). Le jugement de vitesse d'approche de véhicules est également altéré, ce qui peut avoir des incidences pour les jeunes piétons porteurs d'un TDC qui apprennent à traverser (Purcell et coll., 2011 et 2012).

Néanmoins il est important de préciser que le couplage perception-action, même s'il n'est pas optimum, est opérant chez les enfants présentant un TDC. La chambre mobile est un dispositif expérimental de conflit sensoriel entre les informations visuelles vestibulaires et proprioceptives, proche du phénomène devection, que l'on peut ressentir dans un train à l'arrêt, lorsqu'un autre train démarre. Ce démarrage induit ainsi une illusion de mouvement par le flux visuel déclenché, en contradiction avec les informations proprioceptives et vestibulaires. La chambre mobile, par son seul flux visuel déclenche une réponse posturale chez les enfants porteurs d'un TDC, à l'instar de leurs pairs, même si les réponses visuo-posturales restent qualitativement différentes (Chung et Stoffregen, 2011). Le jugement perceptif de l'espace nécessaire pour exécuter un mouvement est sous-estimé (Wilmot et coll., 2016). De plus, le fait de moins manipuler les objets entraîne des conséquences sur leur perception, notamment en altérant la perception de la taille (Chen et Wu, 2013 ; Wade et coll., 2015), ce qui illustre parfaitement l'atteinte du couplage perception-action.

Si une altération du couplage perception-action est largement admise chez les enfants présentant un TDC, en revanche deux modèles explicatifs continuent à s'opposer (Wade et Kazeck, 2018). D'une part, la théorie écologique de Gibson (1979) propose que la perception première des objets entraîne la création d'affordances, qui sont définies comme les possibilités d'agir sur un objet. L'étude de Chen et coll. (2014) indique que le jugement perceptif des affordances est moins précis chez les enfants présentant un TDC, comme en témoigne le fait que les oscillations posturales ne sont pas modulées en fonction des variations du flux (Chen et coll., 2014). D'autre part la théorie des

modèles internes (Wolpert et Miall, 1996 ; Wolpert et coll., 1998), qui sera détaillée plus loin, propose que les représentations sensorimotrices sont indispensables à une motricité adaptée à son environnement.

Une troisième proposition, qui a le mérite de concilier ces deux approches, serait que le couplage perception-action précoce, sous-tendu par le système miroir, qui présente la caractéristique d'être activé aussi bien quand le sujet exécute une action que quand il voit la même action être exécutée par un tiers (Rizzolatti et coll., 2001 et 2002), constitue le socle des représentations sensorimotrices (Assaiante et coll., 2014). Dans le cas de cette nouvelle hypothèse, une altération de ce couplage chez les enfants porteurs d'un TDC conduirait également à une altération des représentations internes de l'action et du corps en action.

Des études récentes apportent la preuve que le système miroir est fonctionnel dès la naissance (van Elk et coll., 2008). Des études anciennes préconisaient déjà la présence d'un schéma corporel primitif et fondamental permettant d'unifier dans un système commun les actes visuellement perçus et ceux réalisés dès la naissance (Meltzoff et Moore, 1977, 1983 et 1997). Dans le même esprit, l'imitation néonatale et plus généralement l'imitation de gestes repose également sur les mêmes mécanismes de couplage perception-action, dont les bases neurales correspondent au système des neurones miroir (Blakemore et Frith, 2003 ; Iacoboni et Dapretto, 2006 ; Niedenthal, 2007). Compte tenu de l'importance de l'imitation dans les apprentissages moteurs, un déficit des capacités imitatives des enfants porteurs d'un TDC a été suspecté assez tôt (Ayres, 1989). Ces déficits d'imitation ont été confirmés dans des études plus récentes proposant de nouvelles séquences gestuelles à imiter (Goyen et coll., 2011 ; Elbasan et coll., 2012 ; Reynolds et coll., 2017). Ces pauvres capacités imitatives de postures complexes nouvelles ou d'enchaînement inédit de gestes révélées chez les enfants présentant un TDC (Reynolds et coll., 2017) sont cohérentes avec les déficits d'imitation de gestes fonctionnels rapportés également chez les enfants porteurs d'un TDC (Dewey, 1993 ; Dewey et Kaplan, 1992 ; Sinani et coll., 2011, Vaivre-Douret et coll., 2011a et 2011b). Enfin, une étude récente (Xavier et coll., 2017) alerte sur le fait que ce déficit précoce d'imitation chez les enfants présentant un TDC pourrait influencer l'expression émotionnelle du couplage perception-action et, dans les cas les plus sévères, impacter négativement le développement de la cognition sociale.

L'hypothèse d'un déficit des représentations internes : l'apport des neurosciences

Formulé dès 2004 par Wilson et ses collaborateurs, et récemment étayé par quelques revues de questions pertinentes (Wilson et coll., 2013 et 2017 ; Adams et coll., 2014), ce modèle explicatif présente l'avantage majeur d'introduire de la cohérence dans une liste abondante de déficits et constitue à l'heure actuelle une des pistes les plus heuristiques pour comprendre le TDC. Cette hypothèse suggère que le TDC repose sur un déficit fondamental à utiliser de façon efficace les modèles internes sensorimoteurs (Williams et coll., 2006 ; Jover et coll., 2010 ; Biancotto et coll., 2011 ; Ferguson et coll., 2015 ; Adams et coll., 2016). Comme le système moteur subit de nombreux changements au cours de la vie (développement, vieillissement, pathologies, adaptation aux milieux extrêmes, etc.), les modèles internes doivent être nécessairement adaptables. Ces informations se retrouvent au niveau cérébral sous forme de représentations internes renseignant sur les caractéristiques de l'action que le corps réalise et sur son interaction avec l'environnement (Assaiante et coll., 2014). Cette représentation interne des segments corporels en mouvement a été conceptualisée sous le terme de schéma corporel (Head et Holmes, 1911 ; Maravita et coll., 2003 ; Dijkerman et de Haan, 2007). Le schéma corporel est alimenté par les différentes afférences sensorielles, parmi lesquelles la proprioception joue un rôle prédominant (Paillard, 1982 ; Proske et Gandevia, 2012 ; Pfeiffer et coll., 2013). Quelques rares travaux révèlent un retard dans le développement de l'acuité proprioceptive chez les enfants présentant un TDC (Li et coll., 2014) ainsi que des difficultés dans le traitement des informations tactiles (O'Brien et coll., 2008) et des localisations précises des sources de stimulation (Johnston et coll., 2017). Par ailleurs, une représentation du corps erronée est suggérée comme par exemple, dans la reconnaissance des doigts touchés (Vaivre-Douret et coll., 2012). Il est très surprenant que le développement du schéma corporel et de l'intégration proprioceptive soient aussi peu explorés chez l'enfant porteur d'un TDC.

Les accès privilégiés pour explorer les représentations internes de l'action sont les protocoles d'imagerie motrice, dans lesquels le sujet doit imaginer et non réaliser la tâche proposée. Alors même que cette hypothèse d'un déficit des modèles internes recueille de nombreuses adhésions dans la communauté des chercheurs étudiant le TDC, il demeure surprenant qu'aucun item relevant de ce concept ne soit encore inclus à l'heure actuelle dans l'évaluation du TDC. Dès 2004, Wilson et collaborateurs préconisaient déjà d'associer au MABC des tâches additionnelles standardisées basées sur le contrôle prédictif et l'imagerie motrice (Wilson et coll., 2004). À ce

propos, le *Florida test*, qui évalue les capacités d'idéation motrice, a été proposé à des enfants présentant un TDC (Sinani et coll., 2011). Il ressort de cette étude que des difficultés de représentations spatiales touchent les gestes complexes, comme par exemple l'utilisation d'une paire de ciseaux, pour l'ensemble des enfants porteurs d'un TDC recrutés en scolaire ou en clinique. En revanche, les enfants de cette étude n'ont pas de difficultés dans l'évaluation des articulations impliquées dans l'action désignée, à la différence d'une étude antérieure rapportée par Wilson et ses collaborateurs en 2001, pour qui l'essentiel des troubles se retrouvait dans la sous-échelle kinesthésique. Une différence à la fois sur la difficulté des items proposés et sur la sévérité des difficultés motrices des deux échantillons pourrait expliquer ces résultats contradictoires. Un test unifié et adapté pour évaluer les capacités d'imagerie motrice des enfants présentant un TDC devient indispensable.

Dans tous les cas, apparaît la possibilité de désordres visuo-spatiaux et proprioceptifs qui soulignent la perturbation de la représentation du corps en action. Une étude récente rapporte que le traitement des verbes d'action est également affecté chez des enfants porteurs d'un TDC qui ne présentent, par ailleurs, aucun trouble de langage ou d'attention (Mirabella et coll., 2017). Ces derniers résultats s'accordent pleinement avec un déficit des représentations, et nous indiquent l'étendue des différents niveaux impactés. Afin de mieux appréhender toute la complexité des représentations internes, il devient indispensable de procéder à des tests complémentaires afin de recueillir massivement chez les enfants porteurs d'un TDC des données d'imagerie motrice, dont les performances sont rapportées plus lentes et moins précises que celles des enfants contrôles (Adams et coll., 2016).

Représentations internes de l'action pour anticiper et apprendre

Une atteinte des représentations internes compromet significativement les capacités d'anticipation et d'apprentissage des enfants présentant un TDC. En effet, nos actions sont dirigées vers le futur et leur contrôle est basé sur l'anticipation de ce qui va se produire. La réalisation efficace d'une action implique la prédiction de ses conséquences afin que la perturbation provoquée par l'action ne mette pas en péril l'équilibre de l'ensemble du corps ou encore permette une correction en cours d'exécution. Le contrôle prédictif est possible parce que les événements dans l'environnement sont gouvernés par des règles et des régularités que l'enfant va apprendre à connaître et à intégrer dans son contrôle anticipé de l'action, que ce soit par rapport à l'environnement physique (intégration des règles d'inertie ou de gravité), à

son propre corps ou encore par rapport aux interactions sociales (Von Hofsten, 2013). Les preuves expérimentales en faveur de l'existence des modèles internes prédictifs dans le contrôle moteur sont nombreuses chez l'adulte (voir pour revue Flanagan et coll., 1993 ; Wolpert et Miall 1996 ; Flanagan et Wing, 1997) et également chez l'enfant (Schmitz et coll., 1999 et 2002 ; Cignetti et coll., 2013 ; Assaiante et coll., 2014). Bien que fonctionnels précocement chez l'enfant au développement typique, aux environs de 3-4 ans (Schmitz et coll., 2002 ; Cignetti et coll., 2013), les modèles internes connaissent une lente maturation jusqu'à l'âge adulte ; les adolescents de 16 ans présentent encore des performances inférieures à celles des adultes (Barlaam et coll., 2012 ; Assaiante et coll., 2014).

Les difficultés à anticiper que rencontrent les enfants présentant un TDC concernent différents aspects. Tout d'abord la coordination posture-mouvement qui permet l'exécution du geste et le maintien de l'équilibre est affectée. Des perturbations des ajustements posturaux anticipés ont été rapportées aussi bien dans des tâches bimanuelles de délestage (Jover et coll., 2010) que dans des tâches impliquant les membres inférieurs telles que frapper dans un ballon, grimper des escaliers ou se tenir en appui unipodal (Kane et Barden, 2012 et 2013). Ces mêmes déficits temporels d'anticipation ont été rapportés à l'occasion d'évitement d'obstacles survenus de façon inattendue (Wilmot et Barnett, 2017). Des anomalies du traitement des signaux de la copie d'efférence, en perturbant la prédiction, pourraient être à l'origine de la maladresse des enfants porteurs d'un TDC (Katschmarsky et coll., 2001). En effet, le mécanisme de copie d'efférence prédit et corrige les conséquences du mouvement volontaire avant que les réafférences sensorielles liées à l'exécution du mouvement ne soient disponibles (Crammond, 1997). Une altération de ce mécanisme entraînerait un contrôle moteur plus axé sur les retours sensoriels lents et affecterait ainsi la fluidité et la performance de la motricité.

Le contrôle dit « en ligne » est une forme de contrôle anticipé qui s'exerce alors même que l'action est déjà lancée. Si de nombreux travaux rapportent que le contrôle en ligne rapide est altéré chez les enfants présentant un TDC (Hyde et Wilson, 2010, 2011 et 2013), il semblerait que le contrôle en ligne pur soit préservé (Plumb et coll., 2008) à condition de respecter un timing optimal de l'information visuelle délivrée qui pourrait dépendre de façon cruciale de la tâche à accomplir. L'information délivrée trop en avance se ferait au détriment de la performance (Oliveira et coll., 2014). En fait, ce ne serait pas directement le contrôle en ligne qui serait affecté, mais l'intégration du contrôle en ligne avec la planification qui serait atteinte. Cette information est cohérente avec les difficultés rencontrées par les sujets porteurs d'un TDC pour intégrer les informations visuelles distales préparatoires

avec les informations produites au cours de l'exécution de l'action (Oliveira et Wann, 2010). Dans la même lignée, Wilmut et Wann (2008) rapportent que les enfants présentant un TDC ne tirent aucun bénéfice des indices prédictifs de mouvement, sur des traitements de courte durée ; en revanche, ils peuvent commencer à s'améliorer sur un traitement de plus longue durée. Ainsi ce débat autour de l'atteinte du contrôle anticipé en ligne, a le mérite de dissocier différentes composantes de l'anticipation, dont toutes ne seraient pas affectées, et de rapporter, une fois de plus, l'hétérogénéité de la population porteuse d'un TDC.

À ce propos, quelques études récentes (Smits-Engelsman et coll., 2015 ; Jelsma et coll., 2016 ; Cignetti et coll., 2018) réalisées avec des enfants présentant un TDC sans comorbidité, nuancent l'hypothèse d'un déficit du modèle interne chez les enfants présentant un TDC, précédemment décrite dans la littérature (Williams et coll., 2006 ; Ferguson et coll., 2015 ; Adams et coll., 2016). Dans une étude récente utilisant la tâche de délestage bimanuelle, les enfants porteurs d'un TDC, sans comorbidité, ne montrent aucun déficit des performances de stabilisation posturale, ni de réglage temporel, soulignant la capacité de ces enfants à anticiper les perturbations induites par leur propre mouvement. Bien que contrastant avec des résultats antérieurs produits avec le même protocole chez des enfants porteurs d'un TDC non renseignés sur la présence éventuelle d'une comorbidité (Jover et coll., 2010), ces nouveaux résultats (Cignetti et coll., 2018) s'accordent avec des études récentes, relatant une aptitude intacte des enfants présentant un TDC à la prédiction motrice lors de situation d'équilibre dynamique (Smits-Engelsman et coll., 2015 ; Jelsma et coll., 2016). Même s'il est maintenant clairement admis que la comorbidité est davantage une règle qu'une exception chez les enfants présentant un TDC (Vaivre-Douret, 2014), les études ne distinguent pas systématiquement les effets de la comorbidité. Un déficit dans le réglage temporel anticipé des activités musculaires a été observé seulement dans le cas de la comorbidité dyslexie/TDC (Cignetti et coll., 2018). Ainsi les divergences quant à l'existence ou pas de déficit de l'anticipation chez les enfants porteurs d'un TDC pourraient être sous-tendues par la présence ou pas de comorbidité dans le recrutement des sujets, ce qui pose de nouvelles questions et pourrait nuancer certains résultats antérieurs.

Réactualisation rapide des modèles internes : la difficulté majeure des apprentissages moteurs

Nous avons vu précédemment que des déficits dans les capacités à imiter et à observer peuvent considérablement entraver l'apprentissage moteur chez

les enfants présentant un TDC. La majorité des études qui ont exploré l'imitation de gestes transitifs (avec actions sur les objets) ou intransitifs (sans action sur les objets) rapportent de faibles performances des enfants porteurs d'un TDC en comparaison de leurs pairs (Hill et coll., 1998 ; Zoia et coll., 2002 ; Sinani et coll., 2011).

Étudier les capacités d'apprentissage est un moyen d'accéder à la formation de nouvelles représentations. En effet, selon la théorie des modèles internes (Wolpert et Garamani, 2000), le signal d'erreur entre les conséquences prédites de l'action et ses conséquences sensorielles réelles permet de réactualiser les représentations internes et, *in fine*, de réaliser une adaptation sensorimotrice. Une étude récente a précisément testé les capacités d'une trentaine d'enfants porteurs d'un TDC à construire une nouvelle représentation permettant d'anticiper les conséquences d'un soulèvement d'objet, artificiellement mis en place, à partir de 60 essais (Laborieux, 2017). Il ressort de cette étude et d'autres travaux plus anciens sur des échantillons plus restreints (Kagerer et coll., 2004 et 2006 ; King et coll., 2011) que la mise à jour des modèles internes, avec une forte contrainte de temps, nécessaire aux apprentissages sensorimoteurs est affectée chez les enfants présentant un TDC. Dans la même lignée, des capacités altérées d'apprentissage de séquences ont été rapportées aussi bien lors de tâches visuo-motrices (Kagerer et coll., 2004 ; Gheysen et coll., 2011), que de tâches de séquences digitales (Biotteau et coll., 2015). En fait, les apprentissages sensorimoteurs semblent possibles, mais avec un moindre gain et une dynamique d'apprentissage plus lente que les enfants au développement typique (King et coll., 2011 ; Laborieux, 2017), notamment s'agissant de la première phase caractérisée par une amélioration rapide et massive (Doyon et coll., 2009). Par ailleurs, comme dans l'étude de Biotteau et ses collaborateurs (2015), les résultats des enfants porteurs d'un TDC avec ou sans comorbidité sont très similaires et ne permettent pas de conclure quant à un éventuel effet de la comorbidité sur les capacités d'apprentissage. Une approche corrélationnelle cerveau/comportement mettant en lien protocoles d'apprentissage moteur et enregistrements cérébraux devrait être une piste prometteuse pour explorer chez les enfants présentant un TDC les boucles cortico-striatales et cortico-cérébelleuses impliquées dans l'adaptation motrice (Doyon et coll., 2003), le striatum et les ganglions de la base impliqués dans l'apprentissage de la séquence (Gheysen et coll., 2011) ainsi qu'un éventuel dysfonctionnement cérébelleux, qui semble faire consensus dans la littérature (Wilson et coll., 2013).

Le cervelet, le cervelet, vous dis-je ! Une structure clé dans le développement cognitivo-moteur et dans les troubles des apprentissages

Les revues récentes qui tentent d'établir l'origine neurobiologique des troubles sensorimoteurs rapportés chez les enfants présentant un TDC mettent en avant aussi bien un déficit d'automatisation, qu'un déficit des modèles internes ou encore d'apprentissage moteur, qui ont toutes en commun l'implication du cervelet (Zwicker et coll., 2012 ; Adams et coll., 2014). Un dysfonctionnement du cervelet pourrait également expliquer certaines comorbidités, comme avec l'hyperactivité (Kadesjo et Gillberg, 1999 ; Dewey et coll., 2002 ; Piek et Dyck, 2004 ; Watemberg et coll., 2007) et la dyslexie (Nicolson et coll., 2001 ; Zwiecker et coll., 2009). Des différences de symétrie structurale, de volume de la substance grise et de la substance blanche ont été rapportées aux niveaux du lobe pariétal inférieur, du gyrus frontal inférieur et du cervelet pour la dyslexie et le TDC (Eckert, 2004). Un dysfonctionnement du cervelet expliquerait des difficultés multiples et variées telles que phonologiques *via* le système articulatoire, des problèmes de séquences visuo-motrices, des troubles de la coordination, de maladresse et d'adaptation motrice (Wilmot et coll., 2006 ; Cantin et coll., 2007 ; Hyde et Wilson, 2011 ; Stoodley et Stein, 2013).

Il est vrai que le cervelet est une structure clé pour le contrôle moteur et les apprentissages sensorimoteurs puisqu'il permettrait de générer les modèles internes prédictifs (Wolpert et coll., 1998). Le cervelet serait impliqué dans la supervision et l'optimisation des mouvements grâce aux retours sensoriels principalement proprioceptifs, lui permettant ainsi d'estimer les erreurs d'une conséquence sensorielle (Desmurget et Grafton, 2000 ; Herzfeld et Shadmehr, 2013 ; Laurens et coll., 2013). En effet, le cervelet présente une activité spécifique lorsque les conséquences sensorielles d'une action divergent de celles initialement estimées. Cependant, le cervelet ne semble pas être la seule structure impliquée dans l'estimation des conséquences sensorielles d'une action. Le cortex pariétal postérieur interviendrait également dans l'estimation des conséquences sensorielles d'une action en situation de conflit sensoriel (Blakemore et Sirigu, 2003).

Si le développement des représentations internes est bien documenté grâce aux données comportementales, en revanche, la connaissance de leur corrélatés cérébraux depuis l'enfance jusqu'à l'âge adulte demeure encore largement insuffisante. Des études récentes ont révélé que l'émergence des représentations internes pourrait résulter d'une dynamique cérébrale à grande échelle, fruit d'interactions entre de larges réseaux cérébraux tels que les

réseaux fronto-pariétal, cingulo-operculaire et somato-moteur (Cignetti et coll., 2017 ; Fontan et coll., 2017). En résumé, la large gamme des rôles joués par le cervelet dans le développement de la cognition motrice (Stoodley, 2016) pourrait expliquer la diversité des troubles répertoriés en fonction de la spécificité des atteintes. Pour élucider les multiples facettes du cervelet, il devient donc urgent d'explorer plus finement, son développement structurel (Zwicker et coll., 2012) aussi bien que fonctionnel, notamment s'agissant de la connectivité fonctionnelle cérébrale à large échelle, en particulier la triade cervelet – cortex pariétal postérieur – cortex frontal inférieur, sur des populations conséquentes d'enfants présentant un TDC en tenant compte de la présence ou non de comorbidité.

RÉFÉRENCES

- Adams IL, Ferguson GD, Lust JM, *et al.* Action planning and position sense in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2016 ; 46 : 196-208.
- Adams IL, Lust JM, Wilson PH, *et al.* Compromised motor control in children with DCD: a deficit in the internal model? A systematic review. *Neurosci Biobehav Rev* 2014 ; 47 : 225-44.
- Adolph KE, Eppler MA, Gibson EJ. Crawling versus walking infants' perception of affordances for locomotion over sloping surfaces. *Child Dev* 1993 ; 64 : 1158-74.
- Aertssen WFM, Ferguson GD, Smits-Engelsman BC. Performance on functional strength measurement and muscle power sprint test confirm poor anaerobic capacity in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2016 ; 56 : 115-26.
- Assaiante C. Action and representation of action during childhood and adolescence: a functional approach. *Neurophysiol Clin* 2012 ; 42 : 43-51.
- Assaiante C, Amblard B. An ontogenetic model for the sensorimotor organization of balance control in humans. *Hum Mov Sci* 1995 ; 14 : 13-43.
- Assaiante C, Mallau S, Viel S, *et al.* Development of postural control in healthy children: a functional approach. *Neural Plast* 2005 ; 12 : 109-18.
- Assaiante C, Barlaam F, Cignetti FV, *et al.* Body schema building during childhood and adolescence: a neurosensory approach. *Neurophysiol Clin* 2014 ; 44 : 3-12.
- Astill S. Can children with developmental coordination disorder adapt to task constraints when catching two-handed? *Disabil Rehabil* 2007 ; 29 : 57-67.
- Astill S, Utley A. Two-handed catching in children with developmental coordination disorder. *Motor Control* 2006 ; 10 : 109-24.

Astill S, Utey A. Coupling of the reach and grasp phase during catching in children with developmental coordination disorder. *J Mot Behav* 2008 ; 40 : 315-23.

Ayres AJ. *Sensory integration and praxis tests (SIPT)*. Los Angeles : Western Psychological Services, 1989.

Bair WN, Barela JA, Whitall J, *et al.* Children with developmental coordination disorder benefit from using vision in combination with touch information for quiet standing. *Gait Posture* 2011 ; 34 : 183-90.

Bair WN, Kiemel T, Jeka JJ, *et al.* Development of multisensory reweighting is impaired for quiet stance control in children with developmental coordination disorder (DCD). *PLoS One* 2012 ; 7 : e40932.

Barlaam F, Fortin C, Vaugoyeau M, *et al.* Development of action representation during adolescence as assessed from anticipatory control in a bimanual load-lifting task. *Neurosci* 2012 ; 221 : 56-68.

Bernardi M, Leonard HC, Hill EL, *et al.* Brief report: response inhibition and processing speed in children with motor difficulties and developmental coordination disorder. *Child Neuropsychol* 2016 ; 22 : 627-34.

Biotteau M, Chaix Y, Albaret JM. Procedural learning and automatization process in children with developmental coordination disorder and/or developmental dyslexia. *Hum Mov Sci* 2015 ; 43 : 78-89.

Biancotto M, Skabar A, Bulgheroni M, *et al.* Neuromotor deficits in developmental coordination disorder: evidence from a reach-to-grasp task. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1293-300.

Blais M, Amarantini D, Albaret JM, *et al.* Atypical inter-hemispheric communication correlates with altered motor inhibition during learning of a new bimanual coordination pattern in developmental coordination disorder. *Dev Sci* 2018 ; 21 : e12563.

Blakemore SJ, Frith C. Self-awareness and action. *Curr Opin Neurobiol* 2003 ; 13 : 219-24.

Blakemore SJ, Sirigu A. Action prediction in the cerebellum and in the parietal lobe. *Exp Brain Res* 2003 ; 153 : 239-45.

Çaçola P, Ibana M, Ricard M, *et al.* Children with developmental coordination disorder demonstrate a spatial mismatch when estimating coincident-timing ability with tools. *Res Dev Disabil* 2016 ; 48 : 124-31.

Cantin N, Polatajko HJ, Thach WT *et al.* Developmental coordination disorder: exploration of a cerebellar hypothesis. *Hum Mov Sci* 2007 ; 26 : 491-509.

Cantin N, Ryan J, Polatajko HJ. Impact of task difficulty and motor ability on visual-motor task performance of children with and without developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2014 ; 34 : 217-32.

Chaix Y, Albaret JM. Trouble de l'acquisition de la coordination et déficits visuo-spatiaux. *Développements* 2014 ; 15 : 32-43.

- Chen FC, Tsai CL. Light finger contact concurrently reduces postural sway and enhances signal detection performance in children with developmental coordination disorder. *Gait Posture* 2016 ; 45 : 193-7.
- Chen FC, Wu SK. Perceived hole size, performance, and body movement during putting in children with and without probable developmental coordination disorder. *Motor Control* 2013 ; 17 : 382-98.
- Chen FC, Tsai CL, Stoffregen TA, *et al.* Postural responses to a suprapostural visual task among children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Dis* 2011 ; 32 : 1948-56.
- Chen FC, Tsai CL, Wu SK. Postural sway and perception of affordances in children at risk for developmental coordination disorder. *Expl Brain Res* 2014 ; 232 : 2155-65.
- Cheng CH, Ju YY, Chang HW, *et al.* Motor impairments screened by the movement assessment battery for children-2 are related to the visual-perceptual deficits in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disab* 2014 ; 35 : 2172-9.
- Cherng RJ, Hsu YW, Chen YJ, *et al.* Standing balance of children with developmental coordination disorder under altered sensory conditions. *Hum Mov Sci* 2007 ; 26 : 913-26.
- Cherng RJ, Liang LY, Chen YJ, *et al.* The effects of a motor and a cognitive concurrent task on walking in children with developmental coordination disorder. *Gait Posture* 2009 ; 29 : 204-7.
- Chia LC, Licari MK, Guelfi KJ, *et al.* A comparison of running kinematics and kinetics in children with and without developmental coordination disorder. *Gait Posture* 2013 ; 38 : 264-9.
- Chokron S, Dutton GN. Impact of cerebral visual impairments on motor skills: Implications for developmental coordination disorders. *Front Psychol* 2016 ; 7 : 1471.
- Chung HC, Stoffregen TA. Postural responses to a moving room in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2571-6.
- Cignetti F, Zedka M, Vaugoyeau M, Assaiante C. Acquisition of independent walking favours emergence of postural anticipation and exocentric balance control. *PLoS One* 2013 ; 8 : e56313.
- Cignetti F, Fontan A, Menant J, *et al.* Protracted development of the proprioceptive brain network during and beyond adolescence. *Cereb Cortex* 2017 ; 27 : 1285-96.
- Cignetti F, Vaugoyeau M, Fontan A, *et al.* Feedforward motor control in developmental dyslexia and developmental coordination disorder: does comorbidity matter? *Res Dev Disabil* 2018 ; 76 : 25-34.
- Clark JE, Whitall J. Developmental coordination disorder: function, participation, and assessment. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1243-4.
- Crammond DJ. Motor imagery: never in your wildest dream. *Trends Neurosci* 1997 ; 20 : 54-7.

Crawford SG, Dewey D. Co-occurring disorders: a possible key to visual perceptual deficits in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 154-69.

Creavin AL, Lingam R, Northstone K, *et al.* Ophthalmic abnormalities in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2014 ; 56 : 164-70.

De Castelneau P, Albaret JM, Chaix Y, *et al.* Developmental coordination disorder pertains to a deficit in perceptuo-motor synchronization independent of attentional capacities. *Hum Mov Sci* 2007 ; 26 : 477-90.

De Castelneau P, Albaret JM, Chaix Y, *et al.* A study of EEG coherence in DCD children during motor synchronization task. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 230-41.

Deconinck FJA, De Clercq D, Savelsbergh GJP, *et al.* Visual contribution to walking in children with developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2006a ; 32 : 711-22.

Deconinck FJA, De Clercq D, Savelsbergh GJP, *et al.* Differences in gait between children with and without developmental coordination disorder. *Motor Control* 2006b ; 10 : 125-42.

Deconinck FJA, De Clercq D, Van Coster R, *et al.* Sensory contributions to balance in boys with developmental coordination disorder. *Adapt Phys Activ Q* 2008 ; 25 : 17-35.

Deconinck FJA, Savelsbergh GJ, De Clercq D, *et al.* Balance problems during obstacle crossing in children with developmental coordination disorder. *Gait Posture* 2010 ; 32 : 327-31.

De Castro Ferracioli M, Hiraga CY, Pellegrini AM. Emergence and stability of inter-limb coordination patterns in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 348-56.

Desmurget M, Grafton S. Forward modeling allows feedback control for fast reaching movements. *Trends Cogn Sci* 2000 ; 4 : 423-31.

Dewey D. Error analysis of limb and orofacial praxis in children with developmental motor deficits. *Brain Cogn* 1993 ; 23 : 203-21.

Dewey D, Kaplan BJ. Analysis of praxis task demands in the assessment of children with developmental motor deficits. *Dev Neuropsychol* 1992 ; 8 : 367-79.

Dewey D, Kaplan BJ, Crawford SG, *et al.* Developmental coordination disorder: associated problems in attention, learning, and psychosocial adjustment. *Hum Mov Sci* 2002 ; 21 : 905-18.

Diamond N, Downs J, Morris S. The problem with running – Comparing the propulsion strategy of children with developmental coordination disorder and typically developing children. *Gait Posture* 2014 ; 39 : 547-52.

Dijkerman HC, de Haan EHF. Somatosensory processing subserving perception and action: dissociations, interactions, and integration. *Behav Brain Sci* 2007 ; 30 : 224-30.

Doyon J, Penhune V, Ungerleider LG. Distinct contribution of the cortico-striatal and cortico-cerebellar systems to motor skill learning. *Neuropsychologia* 2003 ; 41 : 252-62.

Doyon J, Bellec P, Amsel R, *et al.* Contributions of the basal ganglia and functionally related brain structures to motor learning. *Behav Brain Res* 2009 ; 12 : 61-75.

Elbasan B, Kayihan H, Duzgun I. Sensory integration and activities of daily living in children with developmental coordination disorder. *Ital J Pediatr* 2012 ; 38 : 14.

Eckert M. Neuroanatomical markers for dyslexia: a review of dyslexia structural imaging studies. *Neuroscientist* 2004 ; 10 : 362-71.

Elders V, Sheehan S, Wilson AD, *et al.* Head-torso-hand coordination in children with and without developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2010 ; 52 : 238-43.

Ferguson GD, Duysens J, Smits-Engelsman BC. Children with Developmental Coordination Disorder are deficient in a visuo-manual tracking task requiring predictive control. *Neurosci* 2015 ; 286 : 13-26.

Flanagan JR, Ostry DJ, Feldman AG. Control of trajectory modifications in target-directed reaching. *J Mot Behav* 1993 ; 25 : 140-52.

Flanagan JR, Wing AM. The role of internal models in motion planning and control: evidence from grip force adjustments during movements of hand-held loads. *J Neurosci* 1997 ; 17 : 1519-28.

Fletcher-Flinn C, Elmes H, Strugnell D. Visual-perceptual and phonological factors in the acquisition of literacy among children with congenital developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 1997 ; 39 : 158-66.

Fong SS, Lee VY, Pang MY. Sensory organization of balance control in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 2376-82.

Fong SS, Tsang WW, Ng GY. Altered postural control strategies and sensory organization in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2012 ; 31 : 1317-27.

Fong SS, Ng SS, Yiu BP. Slowed muscle force production and sensory organization deficits contribute to altered postural control strategies in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 3040-8.

Fong SS, Ng SS, Guo X, *et al.* Deficits in lower limb muscle reflex contraction latency and peak force are associated with impairments in postural control and gross motor skills of children with developmental coordination disorder: a cross-sectional study. *Medicine (Baltimore)* 2015 ; 94 : e1785.

Fong SS, Guo X, Liu KP, *et al.* Task-specific balance training improves the sensory organisation of balance control in children with developmental coordination disorder: a randomised controlled trial. *Sci Rep* 2016a ; 6 : 20945.

Fong SS, Ng SS, Chung LM, *et al.* Direction-specific impairment of stability limits and falls in children with developmental coordination disorder: implications for rehabilitation. *Gait Posture* 2016b ; 43 : 60-4.

- Fontan A, Cignetti F, Nazarian B, *et al.* How does the body representation system develop in the human brain? *Dev Cogn Neurosci* 2017 ; 24 : 118-28.
- Gaymard B, Giannitelli M, Challes G *et al.* Oculomotor impairments in developmental dyspraxia. *Cerebellum* 2017 ; 16 : 411-20.
- Gentle J, Barnett AL, Wilmut K. Adaptations to walking on an uneven terrain for individuals with and without developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2016 ; 49 : 346-53.
- Geuze RH. Static balance and developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2003 ; 22 : 527-48.
- Geuze RH. Postural control in children with developmental coordination disorder. *Neural Plast* 2005 ; 12 : 183-96.
- Geuze RH, Kalverboer AF. Inconsistency and adaptation in timing of clumsy children. *J Hum Mov Stud* 1987 ; 13 : 421-32.
- Geuze RH, Kalverboer AF. Tapping a rhythm: a problem of timing for children who are clumsy and dyslexic? *Adapt Phys Activ Q* 1994 ; 11 : 203-13.
- Gheysen F, Van Waelvelde H, Fias W. Impaired visuo-motor sequence learning in developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 749-56.
- Gibson JJ. *The ecological approach to perception*. Londres : Houghton Mifflin, 1979.
- Gibson JJ, Walk RD. The visual cliff. *Sci Am* 1960 ; 202 : 67-71.
- Goyen TA, Lui K, Hummell J. Sensorimotor skills associated with motor dysfunction in children born extremely preterm. *Early Hum Dev* 2011 ; 87 : 489-93.
- Grinter EJ, Maybery MT, Badcock DR. Vision in developmental disorders: is there a dorsal stream deficit. *Brain Res Bull* 2010 ; 82 : 147-60.
- Grove CR, Lazarus JAC. Impaired re-weighting of sensory feedback for maintenance of postural control in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2007 ; 26 : 457-76.
- Head H, Holmes G. Sensory disturbances from cerebral lesions. *Brain* 1911 ; 34 : 102 -254.
- Herzfeld DJ, Shadmehr R. Cerebellum estimates the sensory state of the body. *Trends Cogn Sci* 2013 ; 18 : 66-7.
- Hill EL, Bishop DVM, Nimmo-Smith I. Representational gestures in developmental coordination disorder and specific language impairment: error-types and the reliability of ratings. *Hum Mov Sci* 1998 ; 17 : 655-78.
- Hyde C, Wilson PH. Dissecting online control in developmental coordination disorder: a kinematic analysis of double-step reaching. *Brain Cogn* 2011a ; 75 : 232-41.
- Hyde C, Wilson PH. Online motor control in children with developmental coordination disorder: chronometric analysis of double-step reaching performance. *Child Care Health Dev* 2011b ; 37 : 111-22.

Hyde CE, Wilson PH. Impaired online control in children with developmental coordination disorder reflects developmental immaturity. *Dev Neuropsychol* 2013 ; 38 : 81-97.

Iacoboni M, Dapretto M. The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat Rev Neurosci* 2006 ; 7 : 942-51.

Irani F. Visuospatial ability. In : Kreutzer JS, DeLuca J, Caplan B (eds). *Encyclopedia of clinical neuropsychology*. New York : Springer, 2011 ; 2656.

Jelsma LD, Smits-Engelsman BCM, Krijnen WP, *et al.* Changes in dynamic balance control over time in children with and without developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2016 ; 49 : 148-59.

Johnson DC, Wade MG. Judgement of action capabilities in children at risk for developmental coordination disorder. *Disabil Rehabil* 2007 ; 29 : 33-45.

Johnson DC, Wade MG. Children at risk for developmental coordination disorder: judgement of changes in action capabilities. *Dev Med Child Neurol* 2009 ; 51 : 397-403.

Johnston JS, Ali JB, Hill EL, *et al.* Tactile localization performance in children with developmental coordination disorder (DCD) corresponds to their motor skill and not their cognitive ability. *Hum Mov Sci* 2017 ; 53 : 72-83.

Jover M, Schmitz C, Centelles L, *et al.* Anticipatory postural adjustments in a bimanual load-lifting task in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2010 ; 52 : 850-5.

Kadesjo B, Gillberg C. Developmental coordination disorder in swedish 7-year-old children. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1999 ; 38 : 820-8.

Kagerer FA, Bo J, Contreras-Vidal JL *et al.* Visuomotor adaptation in children with developmental coordination disorder. *Motor Control* 2004 ; 8 : 450-60.

Kagerer FA, Contreras-Vidal JL, Bo J, *et al.* Abrupt, but not gradual visuomotor distortion facilitates adaptation in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2006 ; 25 : 622-33.

Kane K, Barden J. Contributions of trunk muscles to anticipatory postural control in children with and without developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2012 ; 31 : 707-20.

Kane K, Barden J. Frequency of anticipatory trunk muscle onsets in children with and without developmental coordination disorder. *Phys Occup Ther Pediatr* 2013 ; 34 : 75-89.

Katschmarsky S, Cairney S, Maruff P, *et al.* The ability to execute saccades on the basis of efference copy: impairments in double-step saccade performance in children with developmental coordination disorder. *Exp Brain Res* 2001 ; 136 : 73-8.

Kelso JA. Phase transitions and critical behavior in human bimanual coordination. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 1984 ; 246 : R1000-4.

King BR, Harring JR, Oliveira MA, *et al.* Statistically characterizing intra- and inter-individual variability in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1388-98.

King BR, Clark JE, Oliveira MA. Developmental delay of finger torque control in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 932-7.

Laborieux A. *Exploration de la fonction d'anticipation et de l'apprentissage moteur chez les enfants avec trouble de l'apprentissage : déficit du modèle interne ?* Mémoire de Master 2 Neuropsychologie et neurosciences cliniques. Toulouse : Université de Toulouse, 2017.

Laufer Y, Ashkenazi T, Josman N. The effects of a concurrent cognitive task on the postural control of young children with and without developmental coordination disorder. *Gait Posture* 2008 ; 27 : 347-51.

Laurens J, Meng H, Angelaki DE. Neural representation of orientation relative to gravity in the macaque cerebellum. *Neuron* 2013 ; 80 : 10.1016.

Law SH, Lo SK, Chow S, *et al.* Grip force control is dependent on task constraints in children with and without developmental coordination disorder. *Int J Rehabil Res* 2011 ; 34 : 93-9.

Lee DN, Aronson E. Visual proprioceptive control of standing in human infants. *Percept Psychophys* 1974 ; 15 : 529-32.

Li KY, Su WJ, Fu HW, *et al.* Kinesthetic deficit in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2015 ; 38 : 125-33.

Licari MK, Larkin D, Miyahara M. The influence of developmental coordination disorder and attention deficits on associated movements in children. *Hum Mov Sci* 2006a ; 25 : 90-9.

Licari MK, Billington J, Reid SL, *et al.* Cortical functioning in children with developmental coordination disorder: a motor overflow study. *Exp Brain Res* 2015 ; 233 : 1703-10.

Licari MK, Reynolds JE. Understanding performance variability in developmental coordination disorder: what does it all mean? *Curr Dev Disord Rep* 2017 ; 4 : 53-9.

Mackenzie SJ, Getchell N, Deutsch K, *et al.* Multi-limb coordination and rhythmic variability under varying sensory availability conditions in children with DCD. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 256-69.

Mak MK. Reaching and grasping a moving target is impaired in children with developmental coordination disorder. *Pediatr Phys Ther* 2010 ; 22 : 384-91.

Maravita A, Spence C, Driver J. Multisensory integration and the body schema: close to hand and within reach. *Curr Biol* 2003 ; 13 : 531-9.

Meltzoff AN, Moore MK. Imitation of facial and manual gestures by human neonates. *Science* 1977 ; 198 : 75-8.

Meltzoff AN, Moore MK. Imitation, memory, and the representation of persons. *Infant Behav Dev* 1994 ; 17 : 83-99.

Meltzoff AN, Moore MK. Explaining facial imitation: a theoretical model. *Early Dev Parent* 1997 ; 6 : 179-92.

Mirabella G, Del Signore S, Lakens D, *et al.* Developmental coordination disorder affects the processing of action-related verbs. *Front Hum Neurosci* 2017 ; 10 : 661.

Mon-Williams M, Tresilian JR, Bell VE, *et al.* The preparation of reach-to-grasp movements in adults, children, and children with movement problems. *Q J Exp Psychol A* 2005 ; 58 : 1249-63.

Nicolson RI, Fawcett AJ, Dean P. Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *Trends Neurosci* 2001 ; 24 : 508-11.

Niedenthal PM. Embodying emotion. *Science* 2007 ; 316 : 1002-5.

O'Brien J, Spencer J, Atkinson J *et al.* Form and motion coherence processing in dyspraxia: evidence of a global spatial processing deficit (English). *Neuroreport (Oxford)* 2002 ; 13 : 1399-402.

O'Brien J, Williams HG, Bundy A, *et al.* Mechanisms that underlie coordination in children with developmental coordination disorder. *J Mot Behav* 2008 ; 40 : 43-61.

Oliveira RF de, Wann JP. Integration of dynamic information for visuomotor control in young adults with developmental coordination disorder. *Exp Brain Res* 2010 ; 205 : 387-94.

Oliveira RF de, Wann JP. Driving skills of young adults with developmental coordination disorder: regulating speed and coping with distraction. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1301-8.

Oliveira RF de, Bilngton J, Wann JP. Optimal use of visual information in adolescents and young adults with developmental coordination disorder. *Exp Brain Res* 2014 ; 232 : 2989-95.

Paillard J. Le corps et ses langages d'espace. In : Jeddi E (ed). *Le corps en psychiatrie*. Paris : Masson, 1982 : 53-69.

Pereira HS, Landgren M, Gillberg C, *et al.* Parametric control of fingertip forces during precision grip lifts in children with DCD (developmental coordination disorder) and DAMP (deficits in attention motor control and perception). *Neuropsychologia* 2001 ; 39 : 478-88.

Pfeiffer C, Lopez C, Schmutz V, *et al.* Multisensory origin of the subjective first-person perspective: visual, tactile, and vestibular mechanisms. *PLoS One* 2013 ; 8 : e61751.

Piek JP, Dyck MJ. Sensory-motor deficits in children with developmental coordination disorder, attention deficit hyperactivity disorder and autistic disorder. *Hum Mov Sci* 2004 ; 23 : 475-88.

Pisella L, Sergio L, Blangero A, *et al.* Optic ataxia and the function of the dorsal stream: contributions to perception and action. *Neuropsychologia* 2009 ; 47 : 3033-44.

Pisella L, André V, Gavault E, *et al.* A test revealing the slow acquisition and the dorsal stream substrate of visuo-spatial perception. *Neuropsychologia* 2013 ; 51 : 106-13.

Plumb MS, Wilson AD, Mulroue A, *et al.* Online corrections in children with and without DCD. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 695-704.

Proske U, Gandevia SC. The proprioceptive senses: their roles in signaling body shape, body position and movement, and muscle force. *Physiol Rev* 2012 ; 92 : 1651-97.

Przysucha EP, Maraj BK. Nature of spatial coupling in children with and without developmental coordination disorder in ball catching. *Adapt Phys Activ Q* 2013 ; 30 : 213-34.

Przysucha EP, Maraj BKV. Inter-limb coordination and control in boys with and without DCD in ball catching. *Acta Psychologica* 2014 ; 151 : 62-73.

Purcell C, Wann JP, Wilmut K, *et al.* Roadside judgments in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1283-92.

Purcell C, Wann JP, Wilmut K, *et al.* Reduced looming sensitivity in primary school children with developmental coordination disorder. *Dev Sci* 2012 ; 15 : 299-306.

Rafique SA, Northway N. Relationship of ocular accommodation and motor skills performance in developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2015 ; 42 : 1-14.

Rasmussen P, Gillberg C. Natural outcome of ADHD with developmental coordination disorder at age 22 years: a controlled, longitudinal, community-based study. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2000 ; 39 : 1424-31.

Raynor AJ. Strength, power, and coactivation in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2001 ; 43 : 676-84.

Reynolds JE, Kerrigan S, Elliott C, *et al.* Poor imitative performance of unlearned gestures in children with probable developmental coordination disorder. *J Mot Behav* 2017 ; 49 : 378-87.

Rizzolatti G, Fogassi L, Gallese V. Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nat Rev Neurosci* 2001 ; 2 : 661-70.

Rizzolatti G, Fadiga L, Fogassi L, Gallese V. From mirror neurons to imitation: facts and speculations. In : Meltzoff AN, Prinz W (eds). *The imitative mind: development, evolution, and brain bases*. New York : Cambridge University Press, 2002 : 247-66.

Robert MP, Ingster-Moati I, Albuisson E, *et al.* Vertical and horizontal smooth pursuit eye movements in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2014 ; 56 : 595-600.

Roche R, Wilms-Floet AM, Clark JE, *et al.* Auditory and visual information do not affect self-paced bilateral finger tapping in children with DCD. *Hum Mov Sci* 2011 ; 30 : 658-71.

Rosengren KS, Deconinck FJ, Diberardino LA 3rd, *et al.* Differences in gait complexity and variability between children with and without developmental coordination disorder. *Gait Posture* 2009 ; 29 : 225-9.

Schmitz C, Martin N, Assaiante C. Development of anticipatory postural adjustments in a bimanual load-lifting task in children. *Exp Brain Res* 1999 ; 126 : 200-4.

Schmitz C, Martin N, Assaiante C. Building anticipatory postural adjustment during childhood: a kinematic and electromyographic analysis of unloading in children from 4 to 8 years of age. *Exp Brain Res* 2002 ; 142 : 354-64.

- Schoemaker MM, van der Wees M, Flapper B, *et al.* Perceptual skills of children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 111-33.
- Schott N, El-Rajab I, Klotzbier T. Cognitive-motor interference during fine and gross motor tasks in children with developmental coordination disorder (DCD). *Res Dev Disabil* 2016 ; 57 : 136-48.
- Sigmundsson H, Hansen PC, Talcott JB. Do clumsy children have visual deficits. *Behav Brain Res* 2003 ; 139 : 123-9.
- Sinani C, Sugden DA, Hill EL. Gesture production in school vs. clinical samples of children with developmental coordination disorder (DCD) and typically developing children. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1270-82.
- Smits-Engelsman BC, Wilson PH. Noise, variability, and motor performance in developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2013 ; 55 : 69-72.
- Smits-Engelsman BC, Westenberg Y, Duysens J. Children with developmental coordination disorder are equally able to generate force but show more variability than typically developing children. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 296-309.
- Smits-Engelsman BC, Blank R, Kaay AC, *et al.* Efficacy of interventions to improve motor performance in children with developmental coordination disorder: a combined systematic review and meta-analysis (provisional abstract). *Dev Med Child Neurol* 2013 ; 55 : 229-37.
- Stoodley CJ. The cerebellum and neurodevelopmental disorders. *Cerebellum* 2016 ; 15 : 34-7.
- Stoodley CJ, Stein JF. Cerebellar function in developmental dyslexia. *Cerebellum* 2013 ; 12 : 267-76.
- Sumner E, Pratt ML, Hill EL. Examining the cognitive profile of children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2016 ; 56 : 10-7.
- Tallet J, Albaret JM, Barral J. Developmental changes in lateralized inhibition of symmetric movements in children with and without developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 2523-32.
- Tsai CL, Pan CY, Chang YK, *et al.* Deficits of visuospatial attention with reflexive orienting induced by eye-gazed cues in children with developmental coordination disorder in the lower extremities: an event-related potential study. *Res Dev Disabil* 2010 ; 31 : 642-55.
- Tsai CL, Wilson PH, Wu SK. Role of visual-perceptual skills (non-motor) in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 649-64.
- Tsai CL, Wu SK, Huang CH. Static balance in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 142-53.
- Vaivre-Douret L. Developmental coordination disorders: state of art. *Neurophysiol Clin* 2014 ; 44 : 13-23.
- Vaivre-Douret L, Lalanne C, Ingster-Moati I, *et al.* Subtypes of developmental coordination disorder: research on their nature and etiology. *Dev Neuropsychol* 2011a ; 36 : 614-43.

Vaivre-Douret L, Lalanne C, Cabrol D, *et al.* Identification de critères diagnostiques des sous-types de troubles de l'acquisition de la coordination (TAC) ou dyspraxie développementale. *Neuropsychiatr Enfance Adolesc* 2011b ; 59 : 443-53.

Van Elk M, van Schie HT, Hunnius S, *et al.* You'll never crawl alone: neurophysiological evidence for experience-dependent motor resonance in infancy. *Neuroimage* 2008 ; 43 : 808-14.

Van Waelvelde H, De Weerd W, De Cock P, *et al.* Association between visual perceptual deficits and motor deficits in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2004 ; 46 : 661-6.

Van Waelvelde H, De Weerd W, De Cock P *et al.* Parameterization of movement execution in children with developmental coordination disorder. *Brain Cogn* 2006 ; 60 : 20-31.

Volman MJ, Geuze RH. Stability of rhythmic finger movements in children with a developmental coordination disorder. *Motor Control* 1998 ; 2 : 34-60.

Volman MJ, Laroy ME, Jongmans MJ. Rhythmic coordination of hand and foot in children with developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2006 ; 32 : 693-702.

Von Hofsten C. Action in infancy: a foundation for cognitive development. In : Prinz W, Beisert M, Herwig A (eds). *Action science: Foundations of an emerging discipline*. Cambridge, MA : MIT Press, 2013 : 255.

Xavier J, Magnat J, Sherman A *et al.* A developmental and clinical perspective of rhythmic interpersonal coordination: from mimicry toward the interconnection of minds. *J Physiol Paris* 2017 ; 110 : 420-6.

Wade MG, Kazeck M. Developmental coordination disorder and its cause: the road less travelled. *Hum Mov Sci* 2018 ; 57 : 489-500.

Wade MG, Tsai CL, Stoffregen T, *et al.* Perception of object length via manual wielding in children with and without developmental coordination disorder. *J Mot Behav* 2016 ; 48 : 13-9.

Waternberg N, Waiserberg N, Zuk L, *et al.* Developmental coordination disorder in children with attention-deficit-hyperactivity disorder and physical therapy intervention. *Dev Med Child Neurol* 2007 ; 49 : 920-5.

Whitall J, Chang TY, Horn CL, *et al.* Auditory-motor coupling of bilateral finger tapping in children with and without DCD compared to adults. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 914-31.

Williams J, Thomas PR, Maruff P, *et al.* Motor, visual and egocentric transformations in children with developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2006 ; 32 : 633-47.

Wilmot K, Wann J. The use of predictive information is impaired in the actions of children and young adults with developmental coordination disorder. *Exp Brain Res* 2008 ; 191 : 403-18.

Wilmot K, Wann JP, Brown JH. Problems in the coupling of eye and hand in the sequential movements of children with developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2006 ; 32 : 665-78.

Wilmot K, Du W, Barnett AL. Gait patterns in children with developmental coordination disorder. *Exp Brain Res* 2016 ; 234 : 1747-55.

Wilmot K, Du W, Barnett AL. Navigating through apertures: perceptual judgements and actions of children with developmental coordination disorder. *Dev Sci* 2017 ; 20 (6).

Wilson PH, McKenzie BE. Information processing deficits associated with developmental coordination disorder: a meta-analysis of research findings. *J Child Psychol Psychiatr* 1998 ; 39 : 829-40.

Wilson PH, Maruff P, Ives S, *et al.* Abnormalities of motor and praxis imagery in children with DCD. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 135-59.

Wilson PH, Maruff P, Butson M, *et al.* Internal representation of movement in children with developmental coordination disorder: a mental rotation task. *Dev Med Child Neurol* 2004 ; 46 : 754-9.

Wilson PH, Ruddock S, Smits-Engelsman B, *et al.* Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: a meta-analysis of recent research. *Dev Med Child Neurol* 2013 ; 55 : 217-28.

Wilson PH, Smits-Engelsman B, Caeyenberghs K, *et al.* Cognitive and neuroimaging findings in developmental coordination disorder: new insights from a systematic review of recent research. *Dev Med Child Neurol* 2017 ; 59 : 1117-29.

Wolpert DM, Ghahramani Z. Computational principles of movement neuroscience. *Nat Neurosci* 2000 ; 3 : 1212-7.

Wolpert DM, Miall RC. Forward models for physiological motor control. *Neural Netw* 1996 ; 9 : 1265-79.

Wolpert DM, Miall RC, Kawato M. Internal models in the cerebellum. *Trends Cogn Sci* 1998 ; 2 : 338-47.

Zoia S, Pelamatti G, Cuttini M, *et al.* Performance of gesture in children with and without DCD: effects of sensory input modalities. *Dev Med Child Neurol* 2002 ; 44 : 699-705.

Zwicker JG, Missiuna C, Boyd LA. Neural correlates of developmental coordination disorder: a review of hypotheses. *J Child Neurol* 2009 ; 24 : 1273-81.

Zwicker JG, Missiuna C, Harris SR, *et al.* Developmental coordination disorder: a review and update. *Eur J Paediatr Neurol* 2012 ; 16 : 573-81.

10

Neuro-imagerie : des apports encore limités à la compréhension du TDC

Ce chapitre s'intéresse aux régions cérébrales qui pourraient sous-tendre le TDC telles qu'elles sont identifiées par la neuro-imagerie. Le contrôle sensori-moteur et les aspects cognitifs du fonctionnement cérébral des personnes atteintes de TDC sont présentés dans les deux chapitres précédents. Plusieurs hypothèses sur les corrélats neuronaux ont émergé, notamment concernant l'implication potentielle du cervelet, du cortex pariétal postérieur et du cortex frontal inférieur ou encore de la voie dorsale (occipito-pariétale) ou des boucles cortico-cérébelleuse et cortico-striatale. Néanmoins, seulement quinze articles ont été publiés sur les régions cérébrales qui pourraient sous-tendre le TDC (revue dans Biotteau et coll., 2016). De plus, les quinze articles ne correspondent pas à quinze études indépendantes, certains articles utilisant les mêmes échantillons et certaines études étant publiées en plusieurs parties. Ces études sont relativement récentes puisque les premières publications datent de 2008. Les études sont séparées en deux catégories : 1) l'imagerie fonctionnelle par résonance magnétique, qui permet d'identifier les différences de fonctionnement de régions cérébrales lors de la réalisation d'une tâche cognitive ; 2) l'imagerie structurale, qui s'intéresse à l'anatomie du cerveau. Au sein de la première catégorie, les articles sont présentés par ordre chronologique. La deuxième catégorie est séparée en trois sous-parties regroupant les études utilisant a) des mesures d'épaisseur corticale ; b) l'imagerie par diffusion et c) des mesures de volumes cérébraux. Pour chaque article, sont précisées les caractéristiques de l'échantillon étudié avec les critères d'inclusion et d'exclusion, la méthodologie choisie, et les principaux résultats⁶².

62. À noter, dans les études qui incluent d'autres populations pathologiques, seuls les résultats concernant les sujets atteints de TDC sont présentés.

Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf)

L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle permet d'observer les activations des régions cérébrales pendant la réalisation d'une tâche cognitive. La totalité des études décrites ici comparent un groupe de sujets atteints de TDC à un groupe contrôle. L'objectif général est alors de rechercher des différences d'activations cérébrales entre les deux groupes lors d'une tâche donnée.

En 2008, Querne et ses collègues réalisent une étude en IRMf chez neuf enfants (2 filles et 7 garçons) présentant un TDC comparés à dix enfants (3 filles et 7 garçons) contrôles, âgés de 8 à 13 ans. En réalité, douze enfants présentant un trouble de la coordination ont été initialement inclus mais pour trois d'entre eux, les images obtenues n'étaient pas interprétables, les enfants ayant trop bougé pendant leur acquisition. Les critères d'inclusion sont ceux du DSM-IV et se fondent sur un entretien semi-structuré de l'enfant et de ses parents, un examen neurologique, et un bilan neuropsychologique incluant l'échelle d'intelligence de Wechsler (WISC-III), la batterie d'évaluation de Kaufman pour les enfants (K-ABC), la figure de Rey, le test de Stroop et certains items de la NEPSY (fonctions sensori-motrices, exécutives et attentionnelles). À noter qu'il n'y a pas d'évaluation systématique par une échelle standardisée telle que la MABC de l'ensemble des fonctions motrices. Néanmoins, les auteurs affirment que tous les enfants présentent des troubles de la coordination qui perturbent leur vie quotidienne et/ou leurs performances scolaires. Les critères d'exclusion sont les antécédents de pathologie neurologique ou psychiatrique, une lésion cérébrale, un traitement médicamenteux ou un déficit intellectuel (QI verbal ≤ 80). La tâche réalisée par les enfants dans l'IRM est une tâche de *go-no go* dans laquelle ils doivent presser un bouton quand ils voient une lettre sauf quand la lettre est X. Pour réaliser cette tâche avec succès, ils doivent donc inhiber leur réaction motrice quand la lettre X apparaît. Les performances des enfants dans la tâche ne sont pas différentes entre les deux groupes. En ce qui concerne les aspects de neuro-imagerie, les analyses des régions activées par la tâche sont présentées séparément pour chaque groupe. Il semble que les mêmes régions soient impliquées dans chaque groupe de sujets mais il manque les analyses statistiques de la comparaison entre les deux groupes, ce qui tend à faire penser qu'aucune différence significative n'a été mise en évidence. Les auteurs réalisent ensuite des analyses de connectivité effective en utilisant un modèle statistique (SEM) dans lequel ils incluent quatre régions impliquées dans le réseau attentionnel : le cortex pariétal inférieur (BA40), le cortex frontal médian (BA46), le cingulaire antérieur (BA32) et le striatum. Les résultats mettent en évidence une

augmentation de la connectivité entre les cortex frontal médian et cingulaire gauches d'une part et le cortex pariétal inférieur gauche d'autre part chez les enfants présentant un trouble de la coordination comparés aux enfants contrôles et une diminution de la connectivité entre le cortex pariétal et le striatum droits. Il semble que l'inhibition pourrait dépendre d'un réseau cérébral latéralisé à gauche chez les sujets avec un TDC alors qu'elle serait associée à un réseau latéralisé à droite chez les sujets contrôle. Les auteurs suggèrent qu'une perturbation de la spécialisation hémisphérique cérébrale lors du développement pourrait être associée au TDC.

En 2009, Kashiwaghi et ses collègues publient une étude en IRMf impliquant douze garçons, âgés de 9 à 12 ans, présentant un TDC, et douze garçons sans particularité développementale du même âge. Les critères d'inclusion et d'exclusion des enfants présentant un trouble de la coordination sont ceux du DSM-IV. Ils sont vérifiés *via* des échelles standardisées (MABC, WISC-III). Néanmoins, huit enfants sur douze présentent des troubles associés : un trouble de l'attention pour trois d'entre eux, une dyslexie pour trois autres enfants et une association entre une dyslexie et un trouble de l'attention pour deux enfants. Dans l'IRM, les enfants réalisent une tâche motrice dans laquelle, à l'aide d'un joystick, ils doivent placer un rond blanc dans un cercle bleu qui bouge horizontalement. Il y a une condition contrôle dans laquelle les enfants regardent un rond blanc se placer dans un cercle rouge qui bouge horizontalement, sans manipuler le joystick et une condition de repos durant laquelle ils fixent une croix centrale. Les enfants présentant un trouble de la coordination ont des performances moins bonnes dans la tâche motrice que les enfants contrôles. Les analyses de contraste mettent en évidence une diminution de l'activation des lobes pariétaux inférieurs et supérieurs dans le cortex pariétal gauche et du gyrus post-central gauche chez les enfants présentant un trouble de la coordination comparés aux enfants contrôle lorsque l'on contraste la tâche motrice à la condition contrôle. Cette diminution d'activation est donc associée à une diminution de performance dans la tâche motrice chez les enfants atteints.

L'équipe de Zwicker a mené une étude en IRMf qui a conduit à la publication de deux articles (Zwicker et coll., 2010 ; 2011). Il s'agit d'une étude d'entraînement sur une épreuve de graphisme. Le premier article présente les résultats de neuro-imagerie avant la session d'entraînement, le second présente la comparaison entre les résultats d'imagerie avant et après entraînement. L'étude concerne sept enfants (6 garçons et 1 fille) présentant un TDC comparés à sept enfants contrôles (4 garçons et 3 filles), âgés de 8 à 12 ans. Les enfants présentant un TDC ont été identifiés dans les écoles *via* l'échelle standardisée MABC-2 (5 ont des scores qui les situent en dessous du

15^e percentile et 2 ont des scores au niveau du 16^e percentile), un test de QI (KBIT-2) dont le score devait être supérieur à 80, un entretien clinique structuré et des questionnaires (DCD-Q) pour évaluer l'impact sur la scolarité et la vie quotidienne. Les enfants présentant un trouble de l'attention évalué par une échelle de Conners (score > 70) ont été exclus. Dans l'échantillon initial, 16 enfants présentant des troubles moteurs avaient été recrutés : cinq présentaient des troubles neurologiques ou psychiatriques associés et 4 n'ont pas passé l'IRM (trop de bruit, claustrophobie etc.). Les enfants contrôles devaient avoir des scores à la MABC-2 qui les situaient au-delà du 25^e percentile. Neuf enfants ont été initialement sélectionnés dans le groupe contrôle mais sept seulement ont été inclus. La tâche utilisée était la tâche de traçage de la NEPSY dans laquelle les enfants doivent dessiner le contour d'une fleur en passant entre deux traits déjà dessinés. Les enfants dessinent en utilisant un joystick. Il y a deux sessions IRM (J1 et J5) et 3 sessions d'entraînement à la tâche entre les deux IRM. Chaque session comporte quatre blocs de 4 minutes avec 1 minute de repos, 2 minutes de traçage suivies de 1 minute de repos. Dans les périodes de repos, les enfants doivent juste regarder la même fleur qui apparaît en rouge. Les performances initiales des enfants présentant un TDC ne sont pas différentes de celles des enfants contrôles dans la tâche de traçage. En revanche, on retrouve une activation plus importante chez les enfants présentant un trouble de la coordination dans les régions suivantes : lobe inférieur pariétal gauche (BA 40), gyrus supramarginal droit (BA 40), gyrus frontal moyen droit (BA 46), gyrus lingual droit, gyrus parahippocampique droit, gyrus cingulaire postérieur droit, gyrus précentral droit, gyrus temporal supérieur droit, cervelet droit (VI). À l'inverse, l'activation est moins importante chez les enfants présentant un TDC dans les régions suivantes : precuneus et gyrus post-central gauche (pariétal), gyrus frontal supérieur et inférieur gauche, gyrus temporal supérieur droit. Chez les enfants présentant un TDC, l'entraînement à la tâche de traçage n'a pas d'effet sur le nombre d'erreurs, à la différence des enfants contrôles qui eux, font moins d'erreurs après entraînement. Mais les enfants présentant un TDC deviennent plus rapides pour réaliser la tâche. En ce qui concerne les analyses de neuro-imagerie, les résultats montrent que les enfants présentant un TDC montrent moins d'activation que les enfants contrôles dans les lobes inférieurs pariétaux droit et gauche, le gyrus lingual droit (région occipitale), le gyrus frontal moyen droit, le gyrus fusiforme gauche, le cervelet droit (I) et le cervelet gauche (VI, IX) après entraînement.

Debrabant et ses collègues ont publié en 2013 une étude d'IRMf explorant les capacités prédictives sur 17 enfants présentant un trouble de la coordination comparés à 17 enfants contrôles, âgés de 7 à 10 ans. La tâche dans

laquelle les enfants doivent réagir aussi vite que possible à l'apparition d'une image au centre de l'écran en pressant un bouton comporte deux conditions : une condition dans laquelle l'image apparaît toutes les 1 200 ms (« prédictible »), et une condition dans laquelle l'intervalle varie aléatoirement (« non prédictible »). Les enfants contrôles sont plus rapides et anticipent plus souvent les réponses lorsque le moment de l'apparition de l'image est prédictible alors qu'il n'y a pas de différence entre les deux conditions chez les enfants présentant un trouble de la coordination. Du point de vue des activations cérébrales, il n'y a pas de différence d'activation entre les deux conditions chez les enfants présentant un trouble de la coordination. En revanche, les enfants contrôles présentent plus d'activation du cortex préfrontal dorso-latéral et du gyrus frontal droits dans la condition où l'intervalle est aléatoire, comparée à la condition prédictive. Si on s'intéresse à ce même contraste chez les enfants présentant un TDC comparés au groupe contrôle, on observe une moindre activation du cortex préfrontal dorso-latéral, du cervelet postérieur gauche, et de la jonction temporo-pariétale droite chez les enfants présentant un trouble de la coordination.

En 2014, McLeod et ses collègues rapportent une étude portant sur des groupes d'enfants âgés de 8 à 17 ans et incluant : 7 enfants présentant un TDC, 18 enfants présentant un TDC et des troubles de l'attention, 21 enfants avec un trouble de l'attention isolé et 23 enfants contrôles. Les critères diagnostiques du TDC sont ceux du DSM-IV. Les enfants recrutés ont reçu un diagnostic clinique de trouble de la coordination et doivent avoir un score au MAB-C inférieur au 16^e percentile. L'étude s'intéresse à la connectivité fonctionnelle lors d'une tâche de repos. Les résultats montrent une diminution de la connectivité fonctionnelle chez les enfants atteints de TDC entre le cortex primaire gauche d'une part et les gyri frontaux inférieurs, la partie operculaire du lobe frontal droit, le gyrus supramarginal droit, l'insula, les gyri temporaux supérieurs, les noyaux caudés, le nucleus accumbens droit, le pallidum et le putamen.

En 2015, Reynolds et ses collègues ont publié une étude d'imagerie fonctionnelle explorant les bases neurales d'observation, d'exécution et d'imitation de séquences digitales chez quinze garçons considérés comme atteints de troubles de la coordination motrice âgés de 8 à 12 ans et douze garçons issus de la population générale. Il est important de noter que si tous les enfants du groupe pathologique présentent des troubles moteurs, aucun diagnostic formel de TDC n'a été porté. Les diagnostics différentiels qui peuvent entraîner des troubles moteurs n'ont donc pas été éliminés. Néanmoins, les enfants sont sélectionnés en raison de l'existence de troubles moteurs (score inférieur au 16^e percentile à la MABC) les gênant dans leur vie quotidienne.

Tous les enfants du groupe contrôle ont un score supérieur au 20^e percentile à la MABC. Dans les deux groupes, les enfants qui ont été diagnostiqués porteurs d'un trouble de l'attention ou du spectre autistique sont exclus ainsi que ceux qui ont des scores indicateurs de pathologie à un questionnaire de trouble de l'attention ou à une échelle évaluant les symptômes autistiques. Dans l'IRM, on présente aux enfants des séquences de mouvements de doigts. Il y a trois conditions expérimentales : une condition d'observation dans laquelle ils regardent la séquence passivement, une condition d'exécution dans laquelle ils réalisent l'ensemble de la séquence, une condition d'imitation dans laquelle ils imitent les mouvements de doigts en même temps qu'ils les regardent. Les performances des enfants dans la tâche comportementale ne sont pas enregistrées et les comparaisons entre les deux groupes au niveau comportemental ne sont donc pas présentées dans l'article. Concernant la neuro-imagerie, les résultats montrent une activation moindre de la partie operculaire du gyrus frontal inférieur droit, des gyri précentraux droit et gauche (LF), du gyrus temporal médian gauche, du cortex cingulaire postérieur gauche et du précunéus droit chez les enfants atteints de troubles de la coordination motrice comparés au groupe contrôle dans la condition d'observation contrastée avec la condition de base. Les analyses des régions d'intérêt retrouvent, chez les enfants avec trouble de la coordination motrice, une diminution de l'activation de la partie operculaire du gyrus frontal inférieur dans la condition d'imitation (contrastée avec la condition d'observation) mais une augmentation de cette activation dans la condition d'observation (contrastée avec la condition de base).

Dans une étude publiée en 2015, Licari et ses collègues ont comparé treize enfants présentant un TDC à treize enfants contrôles lors de tâches motrices. Les enfants du groupe pathologique étaient tous suivis pour un TDC et avaient des scores à la MABC inférieurs au 5^e percentile. Les enfants du groupe contrôle avaient des scores à la MABC supérieurs au 15^e percentile. Les enfants présentant un trouble de l'attention étaient exclus. Il faut noter que trois des enfants présentant un TDC inclus dans cette étude avaient aussi participé à l'étude de Reynolds et coll. (2015). Les tâches motrices consistaient à toucher le pouce avec chaque doigt et à ouvrir et fermer la main de façon répétée. Les auteurs s'intéressent non pas aux performances lors des tâches motrices mais aux mouvements qui surviennent dans la main controlatérale pendant l'exécution de la tâche. Les mouvements sont enregistrés *via* des capteurs. Les résultats montrent plus de mouvements controlatéraux dans les deux tâches motrices dans le groupe des enfants présentant un TDC. Dans la tâche impliquant les doigts, on observe une diminution de l'activation des gyri frontaux inférieur et supérieur gauches et une augmentation de l'activation du gyrus post-central droit chez les enfants

présentant un trouble de la coordination. En revanche, dans la tâche d'ouverture/fermeture de main, aucune différence significative n'a été mise en évidence entre les deux groupes d'enfants.

En 2017, Biotteau et collaborateurs ont rapporté les résultats d'une étude en IRM fonctionnelle réalisée sur un groupe de 48 enfants, âgés de 8 à 12 ans. Seize enfants étaient porteurs d'un TDC isolé, seize enfants étaient atteints de dyslexie et seize enfants étaient touchés à la fois par une dyslexie et un TDC. Des diagnostics formels de TDC et/ou de dyslexie avaient été portés par des praticiens expérimentés pour l'ensemble des enfants recrutés. Les enfants porteurs de TDC devaient présenter un score à la MABC inférieur au 5^e percentile pour être inclus. Les enfants contrôles présentaient tous des scores supérieurs au 15^e percentile. Tous les enfants réalisaient deux tâches de « finger tapping » : une tâche dans laquelle ils répétaient une séquence sur laquelle ils s'étaient entraînés auparavant et une tâche dans laquelle la séquence était nouvelle. Les résultats ne mettent pas en évidence de différence au niveau comportemental entre les deux groupes. En revanche, ils montrent une activation plus importante chez les enfants présentant un trouble de la coordination motrice que chez les enfants dyslexiques dans un ensemble de régions qui comporte le gyrus cingulaire droit, le thalamus gauche et droit, le noyau caudé droit, cervelet droit (X), le gyrus cingulaire gauche, le gyrus frontal médian droit, les gyri temporaux supérieurs droit et gauche, le précunéus droit, l'insula droite.

Imagerie structurale

Cette section regroupe les articles qui ont utilisé des techniques pour étudier les différences de structure anatomique cérébrale associées au TDC.

Mesure de l'épaisseur corticale

Langevin et collaborateurs ont publié en 2015 une étude incluant 14 enfants présentant un TDC, 10 enfants atteints de trouble de l'attention, 10 enfants touchés à la fois par un TDC et un trouble de l'attention et 14 enfants contrôles. Les enfants sont âgés de 8 à 17 ans, ce qui est un problème étant donné les modifications majeures qui interviennent au niveau de la structure cérébrale entre 8 et 17 ans et en particulier en ce qui concerne l'épaisseur corticale. Conscients de ces difficultés, les auteurs ont, lors de leurs analyses, tenté de diminuer l'impact de l'âge en le mettant en covariable dans leurs comparaisons statistiques. Néanmoins, l'évolution de l'épaisseur corticale

avec l'âge n'étant pas linéaire, cette tentative de prise en compte de l'âge est peu valide. Les enfants issus de la population générale sont considérés comme porteurs de TDC si leur score à la MABC-2 est en-dessous du 16^e percentile. Les résultats de l'étude sont assez confus, des divergences existant entre les résultats présentés dans les tableaux et ceux décrits dans le texte. Dans la partie intitulée « Results » de l'article, la seule différence identifiée entre le groupe des enfants présentant un TDC isolé et le groupe contrôle est une diminution d'épaisseur du cortex orbito-frontal médian droit chez les enfants atteints. Ce résultat est à considérer avec d'autant plus de prudence que séparer la substance grise de la substance blanche dans cette région est particulièrement ardu. Dans le tableau de synthèse des résultats et dans la discussion (mais pas dans la partie « Results »), il est rapporté une diminution d'épaisseur corticale dans le pôle temporal droit chez les enfants présentant un TDC isolé comparés aux enfants contrôles. Au-delà du questionnement sur la validité de ces résultats, leur interprétation est loin d'être évidente. En effet, la maturation cérébrale liée à l'âge s'accompagne d'une diminution de l'épaisseur corticale. Que signifie alors une diminution de l'épaisseur corticale chez des enfants pathologiques ? Doit-on comprendre que leur cerveau est plus mature ou doit-on penser qu'il s'agit du reflet d'un dysfonctionnement cérébral ?

Caeyenberghs et collaborateurs (2016) ont analysé les corrélations entre les épaisseurs corticales de différentes régions cérébrales afin d'étudier l'organisation structurale des réseaux cérébraux chez 11 enfants présentant un TDC comparés à un groupe contrôle de 19 enfants. Les enfants sont âgés de 8 à 12 ans. Les enfants inclus dans le groupe pathologique avaient tous reçu un diagnostic formel de TDC et leurs scores à l'échelle MABC-2 étaient inférieurs au 15^e percentile. Les résultats mettent en évidence des différences d'organisation structurale dans le cortex orbitofrontal latéral droit entre les enfants atteints de TDC et le groupe contrôle.

IRM de diffusion cérébrale

L'IRM de diffusion s'appuie sur le déplacement des molécules d'eau le long des axones pour reconstruire le trajet des faisceaux de fibres nerveuses entre différentes régions cérébrales. Elle permet ainsi de mesurer la connectivité anatomique du cerveau. Trois études (Zwicker et coll., 2012 ; Langevin et coll., 2014 ; Zwicker et coll., 2012 ; Debrabant et coll., 2016) utilisant cette technique chez des enfants présentant un TDC ont été publiées. Deux de ces études (Zwicker et coll., 2012 ; Langevin et coll., 2014) portent sur un nombre très faible d'enfants présentant des troubles de la coordination isolé

(7 dans Zwicker et coll., 2012 ; 9 dans Langevin et coll., 2014) et leurs résultats doivent donc être considérés avec une grande prudence. De plus, dans l'étude de Langevin et coll. (2014), l'âge des enfants varie de 8 à 17 ans, ce qui implique des différences importantes de maturité cérébrale. Au niveau technique, le nombre de directions utilisées lors de l'acquisition des images est variable : 16 pour Zwicker et coll. (2012), 11 pour Langevin et coll. (2014) et 30 pour Debrabant et coll. (2016). Les résultats retrouvent, dans le TDC, une fraction d'anisotropie⁶³ inférieure dans la partie pariétale supéro-postérieure du corps calleux et dans la partie latérale du faisceau longitudinal supérieur (Langevin et coll., 2014) et une diminution de fraction d'anisotropie et augmentation de la diffusion radiale dans le segment retrolenticulaire gauche de la capsule interne (Debrabant et coll., 2016). L'étude de Zwicker et collaborateurs (2012) ne met pas en évidence de diminution de la fraction d'anisotropie mais indique une réduction de la diffusivité moyenne dans la voie corticospinale. Néanmoins, lorsque l'on regarde séparément la diffusivité radiale d'une part et axiale d'autre part, cette différence entre les enfants présentant un TDC et les enfants contrôles disparaît. Les auteurs suggèrent qu'une réduction de la diffusivité des voies motrices et sensorielles pourrait être impliquée dans le TDC. Ils précisent néanmoins qu'une réplication sur un échantillon plus large est indispensable pour le confirmer.

Dans une étude récente, Williams et collaborateurs (2017), ont utilisé l'IRM de diffusion chez des adultes considérés comme probablement atteints par un TDC. Le terme probable est utilisé parce qu'aucun diagnostic formel n'a été posé. Néanmoins, les participants qui ont été recrutés par annonce devaient avoir présenté des difficultés motrices dans l'enfance et leur performance motrice évaluée par une échelle spécifique devait être en-dessous de la norme. L'échelle utilisée (*Mc Carron Assessment of Neuromuscular Development*, 1997) évaluait la motricité fine et la motricité générale et un score inférieur à 85 était considéré comme pathologique. Sur les 21 personnes qui ont postulé pour participer à l'étude, seulement 12 avaient un score inférieur à 85 et ont pu être incluses. Les sujets contrôles devaient eux obtenir un score supérieur à 85. Parmi les 15 qui ont postulé, 3 ont été exclus en raison d'un score trop bas. Les autres critères d'exclusion étaient un diagnostic d'autisme, de trouble de l'attention, de déficit intellectuel et des antécédents de pathologie organique ou neurologique. Douze adultes âgés de 18 à 45 ans présentant probablement un trouble de la coordination ont donc été comparés à 11 sujets contrôles, un sujet ayant dû être exclu des analyses pour

63. La fraction d'anisotropie est égale à 1 quand toutes les fibres sont orientées dans la même direction. Elle est égale à 0 quand les fibres sont orientées de façon égale dans l'ensemble des directions d'une sphère.

des raisons techniques. Soixante-quatre directions étaient utilisées. Les résultats montrent une diminution de la fraction d'anisotropie dans le faisceau cortico spinal gauche supérieur et dans le faisceau longitudinal supérieur gauche et une diminution de la diffusivité moyenne dans le faisceau longitudinal inférieur droit et la branche antérieure de la capsule interne chez les sujets probablement atteints par un TDC comparés aux sujets contrôles. À noter que les résultats de la diffusivité axiale et radiale ne sont pas présentés. L'avantage d'étudier le cerveau d'adultes est que la maturation cérébrale est terminée et que les différences observées ne peuvent pas être expliquées par des différences liées à l'âge. En revanche, les compensations mises en œuvre tout au long de la vie peuvent modifier la structure cérébrale. Les différences observées ne reflètent pas alors uniquement les dysfonctionnements liés au trouble mais aussi les stratégies utilisées pour le compenser.

Mesure des volumes cérébraux

Reynolds et collaborateurs (2017) ont étudié le volume de différentes régions cérébrales en utilisant l'IRM chez des enfants présentant un TDC comparés à des enfants contrôles. L'échantillon d'enfants étudié regroupe ceux de l'étude de Licari et coll. (2015) et de Reynolds et coll. (2015). Pour les trois enfants qui ont participé aux deux études, les images acquises lors de la seconde participation n'ont pas été prises en compte. Alors qu'il était écrit que les enfants n'avaient pas reçu de diagnostic formel de TDC dans l'article de Reynolds et coll. (2015), il est ici mentionné que les enfants étaient adressés par un professionnel de santé pertinent. Les enfants avec un trouble de la coordination motrice présentaient un score inférieur au 16^e percentile à la MABC et ceux du groupe contrôle un score supérieur au 20^e percentile. Les résultats montrent une diminution du volume des régions prémotrices et frontales droites chez les enfants porteurs de troubles de la coordination motrice comparés au groupe contrôle.

Apports et limites des études de neuro-imagerie dans le TDC

Dans leur ensemble, ces études mettent en évidence un fonctionnement cérébral différent chez les enfants présentant un TDC. Au niveau fonctionnel, les réseaux cérébraux impliqués dans différentes tâches cognitives apparaissent comme dysfonctionnels dans plusieurs études, y compris quand aucune perturbation de performance n'est mise en évidence au niveau comportemental. Ces résultats sont à mettre en lien avec les différences observées dans les études enregistrant des potentiels évoqués pendant la

réalisation de différentes tâches cognitives, décrites dans le chapitre Cognition. Si l'existence d'un fonctionnement cérébral différent chez les enfants porteurs d'un TDC semble avérée, il est impossible au vu de ces travaux de déterminer précisément les régions qui sous-tendent ce trouble. En effet, les régions observées comme dysfonctionnelles au travers de ces études sont multiples. Le cervelet et la région pariétale ont été identifiés dans plusieurs études mais on retrouve aussi l'implication des régions frontales, des ganglions de la base, du cortex cingulaire ou du gyrus lingual. À l'heure actuelle, les études de neuro-imagerie ne permettent donc pas de valider ou infirmer les hypothèses sur les corrélats neuronaux co-existant dans la littérature, notamment concernant l'implication potentielle du cervelet, du cortex pariétal postérieur et du cortex frontal inférieur ou encore de la voie dorsale (occipito-pariétale) ou des boucles cortico-cérébelleuse et cortico-striatale.

Par ailleurs, le faible nombre d'études et leur qualité ne permettent pas de conclure de façon définitive. En effet, ces études comportent de nombreuses limites méthodologiques. Les échantillons ont dans une majorité des études des tailles très faibles, ce qui pose des questions quant à la validité des résultats. Certaines études incluent des enfants d'âges très différents alors même que le cerveau change beaucoup avec l'âge. Les critères d'inclusion et d'exclusion sont très variables rendant les comparaisons entre études plus difficiles. Certaines études d'imagerie anatomique ont des limites technologiques. Des travaux supplémentaires seront donc nécessaires afin de pouvoir déterminer de façon plus robuste quelles sont les régions les plus susceptibles de sous-tendre le TDC.

Au-delà des limites liées à ces études, il est essentiel de comprendre que la neuro-imagerie n'est pas un outil de diagnostic du TDC. Aucune étude ne met en évidence de perturbation spécifique à ce trouble qui pourrait être considérée comme une signature. Par ailleurs, les études montrent des différences statistiques entre des groupes de sujets mais ne disent rien au niveau individuel. Il n'est donc actuellement pas envisageable de déterminer, à partir de l'analyse des images de neuro-imagerie d'un seul sujet, s'il est atteint d'un TDC. Dans ces conditions, la neuro-imagerie ne peut pas être utilisée de façon systématique dans le cadre du diagnostic du TDC. Sa seule indication doit être l'élimination d'un diagnostic différentiel.

RÉFÉRENCES

- Biotteau M, Chaix Y, Blais M, *et al.* Neural signature of DCD: a critical review of MRI neuroimaging studies. *Front Neurol* 2016 ; 7 : 227.
- Biotteau M, Péran P, Vayssière N, *et al.* Neural changes associated to procedural learning and automatization process in developmental coordination disorder and/or developmental dyslexia. *Eur J Paediatr Neurol* 2017 ; 21 : 286-99.
- Caeyenberghs K, Taymans T, Wilson PH, *et al.* Neural signature of developmental coordination disorder in the structural connectome independent of comorbid autism. *Dev Sci* 2016 ; 19 : 599-612.
- Debrabant J, Gheysen F, Caeyenberghs K, *et al.* Neural underpinnings of impaired predictive motor timing in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 1478-87.
- Debrabant J, Vingerhoets G, Van Waelvelde H, *et al.* Brain connectomics of visual-motor deficits in children with developmental coordination disorder. *J Pediatr* 2016 ; 169 : 21-7.
- Kashiwagi M, Iwaki S, Narumi Y, *et al.* Parietal dysfunction in developmental coordination disorder: a functional MRI study. *Neuroreport* 2009 ; 20 : 1319-24.
- Langevin LM, Macmaster FP, Crawford S, Lebel C, Dewey D. Common white matter microstructure alterations in pediatric motor and attention disorders. *J Pediatr* 2014 ; 164 : 1157-64.e1.
- Langevin LM, MacMaster FP, Dewey D. Distinct patterns of cortical thinning in concurrent motor and attention disorders. *Dev Med Child Neurol* 2015 ; 57 : 257-64.
- Licari MK, Billington J, Reid SL, *et al.* Cortical functioning in children with developmental coordination disorder: a motor overflow study. *Exp Brain Res* 2015 ; 233 : 1703-10.
- McLeod KR, Langevin LM, Goodyear BG, *et al.* Functional connectivity of neural motor networks is disrupted in children with developmental coordination disorder and attention-deficit/hyperactivity disorder. *Neuroimage Clin* 2014 ; 4 : 566-75.
- Querne L, Berquin P, Vernier-Hauvette MP, *et al.* Dysfunction of the attentional brain network in children with developmental coordination disorder: a fMRI study. *Brain Res* 2008 ; 1244 : 89-102.
- Reynolds JE, Licari MK, Billington J, *et al.* Mirror neuron activation in children with developmental coordination disorder: a functional MRI study. *Int J Dev Neurosci* 2015 ; 47 : 309-19.
- Williams J, Kashuk SR, Wilson PH, *et al.* White matter alterations in adults with probable developmental coordination disorder: an MRI diffusion tensor imaging study. *Neuroreport* 2017 ; 28 : 87-92.
- Zwicker JG, Missiuna C, Harris SR, *et al.* Brain activation of children with developmental coordination disorder is different than peers. *Pediatrics* 2010 ; 126 : e678-86.

Zwicker JG, Missiuna C, Harris SR, *et al.* Brain activation associated with motor skill practice in children with developmental coordination disorder: an fMRI study. *In J Dev Neurosci* 2011 ; 29 : 145-52.

Zwicker JG, Missiuna C, Harris SR, *et al.* Developmental coordination disorder: a pilot diffusion tensor imaging study. *Pediatr Neurol* 2012 ; 46 : 162-7.

11

Pistes génétiques

Il existe à ce jour très peu d'études analysant les aspects génétiques du TDC. Historiquement, les premières études ont porté sur l'origine génétique des troubles moteurs observés dans le cadre d'un TDA/H. En effet, il est actuellement admis que le TDA/H est au moins en partie d'origine génétique. Bien que les gènes de susceptibilité n'aient pas été clairement identifiés, il existe plusieurs gènes candidats. Partant du constat qu'environ la moitié des enfants TDA/H présentent également un TDC, plusieurs auteurs ont proposé l'hypothèse d'une étiologie commune à ces deux troubles, et en particulier une composante génétique. Plusieurs travaux ont ainsi été réalisés afin de tester cette hypothèse. Ainsi, une étude hollandaise menée auprès d'enfants TDA/H et leurs frères et sœurs porteurs ou non d'un TDA/H a montré une corrélation phénotypique entre TDA/H et troubles moteurs : on observe plus de troubles moteurs chez les enfants TDA/H et leurs frères et sœurs présentant un TDA/H que chez ceux qui n'en ont pas (Fliers et coll., 2009). La présence de troubles moteurs chez les enfants TDA/H serait d'origine familiale, c'est-à-dire donc en partie d'origine génétique. Une étude australienne menée auprès d'une large cohorte de jumeaux sur la co-occurrence des troubles moteurs chez les enfants TDA/H a mis en évidence une étiologie commune à ces deux troubles, due à la fois à des facteurs génétiques et à des facteurs environnementaux communs (Martin et coll., 2006). L'héritabilité, c'est-à-dire la part génétique, est estimée à environ 66 % (Martin et coll., 2006 ; Fliers et coll., 2009). Dans ces deux études, la corrélation la plus importante entre inattention et troubles moteurs est observée pour la motricité fine et/ou l'écriture. Cette observation est en accord avec le fait que les performances motrices fines sont moins précises chez les enfants TDA/H (Kaiser et coll., 2015). Bien que les résultats de ces études soient à considérer avec prudence car basés uniquement sur l'utilisation de questionnaires pour l'estimation des troubles moteurs, le nombre très important de sujets analysés et la concordance des résultats dans les différents pays sont clairement en faveur de la validité de ces observations. Une étude plus récente analysant la motricité fine, à l'aide d'une tâche motrice et non pas d'un questionnaire, chez des enfants TDA/H a mis en évidence une héritabilité de la motricité

fine de la main non dominante chez ces sujets mais pas de la main dominante, suggérant donc que les bases génétiques de ces troubles sont sans doute complexes (Polderman et coll., 2011).

Avec le développement fulgurant, au cours des dix dernières années, des techniques de séquençage et d'analyse du génome, de nouvelles pistes de recherche pour la recherche de gènes candidats impliqués dans un certain nombre de pathologies sont aujourd'hui explorées. C'est le cas pour les troubles développementaux comme le TDA/H, la dyslexie, ou encore le TDC.

Ainsi, une étude familiale récente portant sur près de 1 000 sujets TDA/H présentant ou non des troubles moteurs a mis en évidence un certain nombre de gènes impliqués dans des pathologies neurologiques ou dans le comportement moteur, et qui représentent des gènes candidats potentiels pour les troubles moteurs observés dans le contexte du TDA/H (Fliers et coll., 2012).

Une étude récente s'est intéressée aux aspects génétiques chez des enfants présentant un TDC (Mosca et coll., 2016). Cette étude a mis en évidence des variations du nombre de copies (CNV, *copy-number variations*) pour un certain nombre de gènes ou loci exprimés dans le cerveau et/ou impliqués dans des troubles neuro-développementaux. 64 % de ces CNV sont hérités d'un parent présentant lui-même un trouble neuro-développemental, confortant donc l'hypothèse d'une origine génétique commune au TDC et à d'autres troubles neuro-développementaux. Enfin une seconde étude, analysant les performances et les troubles moteurs et cognitifs chez des enfants présentant des anomalies du nombre de copies d'une région particulière du chromosome 16, montre que plus de la moitié de ces enfants présentent en fait un TDC (Bernier et coll., 2017).

L'identification de gènes de susceptibilité pour les TDC constituerait une réelle avancée, en offrant un nouvel outil diagnostique fiable, et de nouvelles pistes thérapeutiques potentielles. À ce jour, quelques gènes candidats pour les troubles de la coordination motrice ont été proposés. C'est le cas par exemple pour certains gènes impliqués dans les voies dopaminergiques (Fliers et coll., 2009). En effet, différentes études utilisant des souris mutantes chez lesquelles ces gènes ont été invalidés mettent en évidence des difficultés motrices et des troubles de la coordination chez ces souris (Qian et coll., 2013). En particulier, les variations de neurotransmission dopaminergique frontostriatale joueraient un rôle important dans les différences individuelles concernant l'apprentissage des compétences motrices. D'autres gènes impliqués dans la communication, la croissance ou la migration neuronale semblent également impliqués dans la coordination motrice chez la souris (Porro et coll., 2010 ; Müller Smith et coll., 2012). Bien que ces résultats ne soient

pas directement transposables aux troubles de la coordination motrice chez l'Homme, ils offrent cependant des gènes candidats potentiels pour les TDC. En outre, le travail récent de Bernier et coll. (2017) montre qu'une région particulière du chromosome 16 représente une région d'intérêt pour la recherche de gènes candidats pour le TDC. Les récentes études particulièrement prometteuses soulignent donc la nécessité d'études génétiques sur de larges cohortes de patients présentant un TDC. Il sera en particulier important de mener ces analyses génétiques auprès d'enfants présentant un TDC isolé, afin de pouvoir identifier les gènes impliqués spécifiquement dans ce trouble et de les différencier de ceux impliqués dans d'autres troubles comorbides, en particulier le TDA/H. Dans ce contexte, la constitution d'une banque de données de matériel génétique d'enfants porteurs d'un TDC et de leur famille représenterait un outil précieux. Ces recherches devraient également bénéficier des progrès constants des techniques d'analyse génétique ainsi que des avancées du séquençage du génome. En particulier, le séquençage de la région d'intérêt sur le chromosome 16 pourra permettre d'identifier des gènes candidats.

Le cas particulier de la dyspraxie verbale

La production de parole fluente et intelligible est le produit de multiples processus sensoriels et cognitifs impliquant des systèmes neuronaux complexes interagissant entre eux. Certaines formes de trouble du langage et de la parole sont héritées. La dyspraxie verbale notamment, un trouble moteur de la parole, est hautement héritable (pour revue, Liégeois et coll., 2007). Cependant, l'identification de facteurs génétiques est rendue difficile par la complexité phénotypique et génotypique de ces troubles (Vernes et coll., 2009). La seule exception est l'implication du gène *FOXP2* dans un syndrome rare caractérisé par des troubles dans les séquences de mouvements articulatoires entraînant une dyspraxie verbale sévère (Lai et coll., 2001).

Les anomalies du gène *FOXP2* ont été montrées associées à des troubles de la parole et du langage dans 3 familles (Vargha-Khadem et coll., 1995 ; Lai et coll., 2001 ; MacDermot et coll., 2005). *FOXP2* a été identifié dans une grande famille de 3 générations, la famille KE, dont la moitié des membres présentent un trouble du langage et de la parole sévère, transmis de manière monogénique autosomale dominante (Lai et coll., 2001). Le principal déficit observé chez les membres affectés de cette famille est une dyspraxie développementale orofaciale et verbale (DVOFD), sévère et chronique. Ce déficit interfère avec la sélection rapide, le séquençage et l'exécution des sons, limitant donc fortement la production d'une parole articulée et intelligible.

D'autres déficits sont également observés chez ces patients, sans que l'on sache s'ils résultent directement de la dyspraxie ou s'ils constituent des déficits secondaires indépendants de celle-ci.

Sur le plan phénotypique, cette dyspraxie DVOFD, qui résulte de la mutation de *FOXP2*, ne peut être distinguée de la dyspraxie verbale développementale (DVD) car les symptômes cliniques observés sont très similaires entre ces deux troubles, suggérant donc que les dyspraxies verbales pourraient également être au moins en partie liées à des modifications du gène *FOXP2*. Depuis, de nombreux cas familiaux de troubles sévères de la parole associés à des mutations de *FOXP2* ont été rapportés. Ces modifications incluent des altérations de séquence, des translocations, des disomies uniparentales, et des variations du nombre de copies du gène. Zeesman et coll. (2006) par exemple rapportent le cas d'une patiente de 5 ans présentant un trouble de la communication sévère avec notamment un trouble de la parole et du langage et une dyspraxie verbale et oromotrice. Cette enfant est porteuse, sur un de ses chromosomes 7, d'une large délétion dans la région 7q31 impliquant 52 gènes dont *FOXP2*, qui est donc entièrement délété sur ce chromosome. Plus récemment, un nouveau variant issu d'une petite délétion dans le gène *FOXP2* a été identifié chez un patient présentant un trouble sévère de la parole associé à des problèmes de langage et de littéracie (Turner et coll., 2013).

La protéine *FOXP2* est un facteur de transcription de la famille « forkhead », contenant un domaine de liaison à l'ADN et des motifs permettant l'homodimérisation et l'hétérodimérisation. Cette protéine est exprimée au niveau de plusieurs structures cérébrales, et jouerait un rôle dans le développement de circuits neuronaux impliqués dans le contrôle moteur (Lai et coll., 2001). Une haploinsuffisance en *FOXP2* induit des troubles dans les séquences de mouvements et dans l'apprentissage procédural.

Chez le sujet sain, les études en IRMf montrent que *FOXP2* est associé avec l'activation de régions frontales gauches, près des régions corticales présentant des anomalies dans la famille KE (Liégeois et coll., 2003). Plus spécifiquement, le gyrus frontal inférieur gauche joue un rôle crucial dans les pathologies du langage. Il est impliqué dans la perception et la production du langage (Pinel et coll., 2012). *FOXP2* présente plusieurs variants dont les fonctions n'ont pas été élucidées. Certaines isoformes sont exprimées préférentiellement dans le thalamus, une région importante pour le langage. Certaines isoformes pourraient également être exprimées durant le développement (Pinel et coll., 2012). En outre, les mutations *FOXP2* affectent de manière bilatérale les réseaux neuronaux moteurs et liés au langage (Liégeois et coll., 2007). Ainsi les membres de la famille KE atteints d'un trouble de

la parole porteurs d'une mutation *FOXP2* présentent un pattern d'activation en IRMf plus postérieur et beaucoup plus bilatéral que les sujets sains (Liégeois et coll., 2003). L'aire de Broca notamment, située dans l'hémisphère gauche, est clairement sous-activée par rapport aux membres de la famille non atteints, de même que le putamen et d'autres régions corticales impliquées dans le langage. *FOXP2* jouerait donc un rôle critique dans le développement de systèmes neuronaux impliqués dans le langage et la parole.

FOXP2 n'est sans doute pas le seul gène impliqué dans la dyspraxie verbale et les troubles de la parole en général. Un autre gène dont la séquence est très proche de celle de *FOXP2*, le gène *FOXP1*, pourrait également être impliqué. En effet, la protéine *FOXP1* peut interagir directement avec *FOXP2* et est co-exprimée dans des structures neuronales impliquées dans les troubles du langage et de la parole. Il a en outre été montré que cette protéine joue un rôle dans le développement du système nerveux (Dasen et coll., 2008). Cependant, une étude visant à chercher les mutations du gène *FOXP1* chez des enfants porteurs d'une DVD n'a pas mis en évidence de corrélation entre les variants *FOXP1* et un risque plus élevé de DVD (Vernes et coll., 2009). Il est donc peu probable que les mutations de *FOXP1* représentent une cause majeure de DVD. D'autre part, la région chromosomique 11p13 pourrait également être impliquée. En effet, les troubles de parole observés dans le contexte d'une épilepsie rolandique impliquent la région 11p13 (Pal et coll., 2010). Ce locus chromosomique pourrait donc contenir des gènes impliqués dans les troubles de la parole, mais aucun gène candidat n'a été identifié à ce jour.

RÉFÉRENCES

- Bernier R, Hudac CM, Chen Q, Zeng C, *et al.* Developmental trajectories for young children with 16p1.2 copy number variation. *Am J Med Genet Part B* 2017 ; 174B : 367-80.
- Dasen JS, De Camilli A, Wang B, *et al.* Hox repertoires for motor neuron diversity and connectivity gated by a single accessory factor, *FOXP1*. *Cell* 2008 ; 134 : 304-16.
- Fliers E, Vermeulen S, Rijdsdijk F, *et al.* ADHD and poor motor performance from a family genetic perspective. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2009 ; 48 : 25-34.
- Fliers EA, Vasquez AA, Poelmans G, *et al.* Genome-wide association study of motor coordination problems in ADHD identifies genes for brain and muscle function. *World J Biol Psychiatry* 2012 ; 13 : 211-22.

- Kaiser ML, Schoemaker MM, Albaret JM, *et al.* What is the evidence of impaired motor skills and motor control among children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)? Systematic review of the literature. *Res Dev Disab* 2015 ; 36 : 338-57.
- Lai CS, Fisher SE, Hurst JA, *et al.* A forkhead-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder. *Nature* 2001 ; 413 : 519-23.
- Liégeois F, Baldeweg T, Connelly A, *et al.* Language fMRI abnormalities associated with FOXP2 gene mutation. *Nat Neurosci* 2003 ; 6 : 1230-7.
- Liégeois F, Morgan A, Vargha-Khadem F. Neurocognitive correlates of developmental verbal and orofacial dyspraxia. In : Coch D, Dawson G, Fischer KW (eds). *Human behavior, learning, and the developing brain: a typical development*. New York : Guilford Press, 2007 : 168-98.
- MacDermot KD, Bonora E, Sykes N, *et al.* Identification of FOXP2 truncation as a novel cause of developmental speech and language deficits. *Am J Hum Genet* 2005 ; 76 : 1074-80.
- Martin NC, Piek JP, Hay D. DCD and ADHD: a genetic study of their shared aetiology. *Hum Mov Sci* 2006 ; 25 : 110-24.
- Mosca SJ, Langevin LM, Dewey D, *et al.* Copy-number variations are enriched for neurodevelopmental genes in children with developmental coordination disorder. *J Med Genet* 2016 ; 53 : 812-9.
- Müller Smith K, Williamson TL, Schwartz ML, *et al.* Impaired motor coordination and disrupted cerebellar architecture in Fgfr1 and Fgfr2 double knockout mice. *Brain Res* 2012 ; 1460 : 12-24.
- Pal DK, Li W, Lieberman P, *et al.* Pleiotropic effects of the 11p13 locus on developmental verbal dyspraxia and EEG centrottemporal sharp waves. *Genes Brain Behav* 2010 ; 9 : 1004-12.
- Pinel P, Fauchereau F, Moreno A, *et al.* Genetic variants of FOXP2 and KIAA0319/TTRAP/THEM2 locus are associated with altered brain activation in distinct language-related regions. *J Neurosci* 2012 ; 32 : 817-25.
- Polderman TJC, Van Dongen J, Boomsma DI. The relation between ADHD symptoms and fine motor control : a genetic study. *Child Neuropsychol* 2011 ; 17 : 138-50.
- Porro F, Rosato-Siri M, Leone E, *et al.* Beta-adducin (Add2) KO mice show synaptic plasticity, motor coordination and behavioral deficits accompanied by changes in the expression and phosphorylation levels of the alpha- and gamma-adducin subunits. *Genes Brain Behav* 2010 ; 9 : 84-96.
- Qian Y, Chen M, Forssberg H, Diaz Hiejtz R. Genetic variation in dopamine-related gene expression influences motor skill learning in mice. *Gene Brain Behav* 2013 ; 12 : 604-14.
- Turner SJ, Hildebrand MS, Block S, *et al.* Small intragenic deletion in FOXP2 associated with childhood apraxia of speech and dysarthria. *Am J Med Genet* 2013 ; 161a : 2321-6.

Vargha-Khadem F, Watkins K, Alcock K, *et al.* Praxic and nonverbal cognitive deficits in a large family with a genetically transmitted speech and language disorder. *Proc Natl Acad Sci USA* 1995 ; 92 : 930-3.

Vernes SC, Macdermot KD, Monaco AP, *et al.* Assessing the impact of *FOXP1* mutations on developmental verbal dyspraxia. *Eur J Hum Genet* 2009 ; 17 : 1354-8.

Zeesman S, Nowczyk MJM, Teshima I, *et al.* Speech and language impairment and oromotor dyspraxia due to deletion of 7q31 that involves *FOXP2*. *Am J Med Genet* 2006 ; 140A : 509-14.

IV

Repérage, évaluation
et diagnostic

12

Repérage et démarche diagnostique

Le diagnostic de TDC est difficile à poser car il existe une controverse quant à la nature même du trouble ou du désordre (Wilson et coll., 2013) ainsi qu'un grand polymorphisme de la symptomatologie clinique sans consensus sur des sous-types. Le diagnostic repose sur les critères du DSM-5 (APA, 2013) repris notamment dans les recommandations de l'European Academy of Childhood Disability (Blank et coll., 2012). Pour rappel, le diagnostic de TDC peut être posé si le sujet répond aux 4 critères suivants du DSM-5 (APA, 2015 pour la traduction française) :

- A. L'acquisition et l'exécution de bonnes compétences de coordination motrice sont nettement inférieures au niveau escompté pour l'âge chronologique du sujet, compte tenu des opportunités d'apprendre et d'utiliser ces compétences. Les difficultés se traduisent par de la maladresse (p. ex. laisser échapper ou heurter des objets), ainsi que de la lenteur et de l'imprécision dans la réalisation de tâches motrices (p. ex. attraper un objet, utiliser des ciseaux ou des couverts, écrire à la main, faire du vélo ou participer à des sports).
- B. Les déficiences des compétences motrices du critère A interfèrent de façon significative et persistante avec les activités de la vie quotidienne correspondant à l'âge chronologique (p. ex. les soins et l'hygiène personnels) et ont un impact sur les performances universitaires/scolaires, ou les activités préprofessionnelles et professionnelles, les loisirs et les jeux.
- C. Le début des symptômes date de la période développementale précoce.
- D. Les déficiences des compétences motrices ne sont pas mieux expliquées par un handicap intellectuel (un trouble du développement intellectuel) ou une déficience visuelle et ne sont pas imputables à une affection neurologique motrice (p. ex. une paralysie cérébrale, une dystrophie musculaire, une maladie neurodégénérative).

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons tout d'abord à la phase de repérage qui concerne les enfants « tout-venant » et n'est pas réservée à une

population spécifique. Nous insisterons sur l'importance de ce repérage et ses différentes formes. Nous traiterons ensuite de la démarche diagnostique proprement dite en détaillant les différentes étapes de cette démarche. Enfin dans la troisième et dernière partie, nous citerons les différents professionnels impliqués et soulignerons l'importance de leur coordination au sein d'un parcours de soin coordonné et gradué (HAS, 2017).

Importance et formes du repérage

« Copier un dessin, manger proprement, faire du vélo [...] peuvent être mission impossible [...] pour d'autres, c'est un geste presque automatique. » Cette phrase de Laurence Vaivre-Douret (Vaivre-Douret et coll., 2016) donne quelques signes d'appel pour le repérage qui peut constituer le déclencheur du diagnostic.

Plusieurs auteurs insistent sur l'importance d'un repérage des enfants susceptibles de présenter un TDC (Clark et coll., 2005 ; Cailloux et Spica, 2006 ; Missiuna et coll. 2007 ; Couturat, 2012 ; Kirby et coll., 2014). Selon Couturat (2012), les enfants présentant un TDC font l'objet d'un repérage trop tardif, ce qui a des conséquences lourdes dans les domaines émotionnel, social et scolaire pour eux-mêmes et leurs familles. Si le repérage ne présuppose rien pour le diagnostic, il peut néanmoins permettre de mettre en place un suivi et un accompagnement pour ces enfants, si nécessaire, voire de déclencher le diagnostic. Le cas échéant, la prise en charge pourra être plus rapide, ce qui peut permettre de réduire les pertes de chance pour les enfants présentant un TDC et limiter le développement de troubles secondaires.

Cette phase de repérage résulte d'une démarche individuelle et repose sur l'observation faite par des professionnels ou des non-professionnels (personne concernée par le trouble, enfant, adolescent ou même plus tard, à l'âge adulte, entourage familial, proches, amis, etc.) d'une difficulté dans le domaine de la motricité sans avoir eu recours à l'utilisation d'un questionnaire ou d'un test. Le repérage suppose que l'observateur a des connaissances dans le développement moteur et des âges clés auxquels il peut se référer pour repérer des signes d'appel. Il faut généralement que plusieurs signes d'appel soient observés pour parler de repérage. Le critère A du DSM-5 détaille certains de ces signes comme la maladresse, la lenteur et l'inexactitude de la performance des habiletés motrices, la difficulté persistante dans l'acquisition des habiletés motrices de base (p. ex. attraper un objet, utiliser des ciseaux ou des couverts, écrire à la main, conduire un vélo ou faire du sport). Des retards marqués dans l'atteinte des jalons de la motricité du développement (p. ex. s'asseoir,

ramper, marcher) peuvent être signalés. Ces signes d'appel ont aussi été décrits de façon détaillée en donnant des repères d'âge par Hamilton (2002), par exemple se boutonner et se déboutonner à 4 ans, s'habiller en dehors de faire ses lacets à 4 ans 6 mois, dessiner un carré à 5 ans, faire ses lacets à 5 ans 6 mois, faire du vélo sans roulettes à 6 ans, étaler un couteau à 6 ans, tracer une diagonale à 7 ans, etc. Clark et coll. (2005) rapportent la difficulté à différencier le TDC d'un retard de développement moteur. Selon ces auteurs, 50 % des enfants identifiés comme ayant un TDC « rattrapent » leur retard de développement moteur. La notion de persistance des difficultés avec le temps est donc un argument pour le repérage puis pour diagnostiquer un TDC.

Cailloux et Spica (2006) rapportent que le repérage précoce est possible dès l'entrée en maternelle à travers des activités telles que le coloriage, le découpage, le collage, le dessin, les puzzles, etc. Les auteurs soulignent l'importance de former les enseignants pour qu'ils ne soient pas déroutés par ces enfants qui ne tirent pas bénéfice de l'entraînement à l'inverse des autres enfants. Les auteurs proposent une grille d'observation « geste-regard » utilisable dès la moyenne section de maternelle. De même, selon Couturat (2012), un repérage précoce doit permettre de poser un diagnostic dès l'entrée à l'école élémentaire afin que les prises en charge s'organisent rapidement. L'auteur propose une échelle de repérage à 22 items, ajustée aux critères diagnostiques du TDC. Cette échelle est destinée aux enseignants de maternelle pour des élèves de grande section. Selon Dhall (2016), l'écriture sollicitant plusieurs habiletés motrices et cognitives, l'évaluation de ses caractéristiques peut constituer un marqueur de troubles développementaux. Une étude comparative entre un groupe de 150 enfants âgés de 6 à 11 ans, tous droitiers, présentant des troubles développementaux de type TDA/H, trouble de la conduite ou TDC et un groupe d'enfants contrôles ne présentant aucun problème de santé, montre que l'évaluation des caractéristiques de l'écriture permettait de prédire dans 94,9 % des cas le diagnostic de trouble développemental (TDA/H, TDC, etc.). L'auteur insiste, en conclusion, sur l'efficacité et l'aspect non invasif de cette méthode permettant d'identifier précocement ces troubles et de mettre en place une prise en charge précoce adaptée.

Sans forcément parler de repérage, Kirby et coll. (2014) précisent quant à eux dans quelles situations et à quel âge on doit penser au diagnostic de TDC : devant un retard de développement moteur ou un retard de développement du langage (Missiuna et coll., 2002) ; lorsque les parents sont préoccupés sur les aspects moteurs et comparent l'enfant à leurs frères et sœurs (Missiuna et coll., 2007) ; lorsqu'il existe des antécédents familiaux de TDC ;

en présence d'autres troubles neuro-développementaux tels qu'un trouble du spectre autistique, un trouble du langage, un trouble des apprentissages, un trouble de l'attention ; lorsque des professionnels de santé tels que le médecin traitant ou pédiatre, ou des professionnels de l'Éducation nationale tels que l'enseignant (Kirby et coll., 2007), suspectent un trouble ; lorsque l'enfant présente des troubles du comportement à type de baisse d'estime de soi, anxiété, dépression, agressivité, etc. Plusieurs auteurs soulignent même la nécessité de procéder de manière systématique au repérage du TDC lors des évaluations de personnes présentant un TDA/H (Kirby et coll., 2007) ou encore l'importance de repérer précocement les difficultés motrices chez les enfants qui ont des troubles du langage. Dans ce dernier cas, le rôle des orthophonistes est alors primordial en orientant l'enfant et sa famille vers d'autres professionnels spécialisés notamment dans le domaine de la motricité (Missiuna et coll., 2002 ; Gaines et Missiuna, 2007). Dhall (2016) se base quant à lui sur la fréquente association entre le TDC et les troubles du langage écrit pour proposer sa méthode de repérage des enfants présentant un TDC *via* la caractérisation de l'écriture manuscrite des enfants par les parents et les enseignants.

Comme cela est mentionné par le critère B du DSM, les signes repérés doivent interférer avec la vie quotidienne ou scolaire, sociale ou de loisirs de la personne, ce qui signifie qu'ils fassent l'objet d'une plainte de la part de la personne elle-même ou de son entourage. Le repérage peut donc faire émerger la plainte. D'où l'importance à cette étape de prendre des informations auprès de plusieurs acteurs autour de l'enfant pour savoir si la ou les difficultés se retrouvent dans plusieurs situations. Il apparaît important, à ce stade, de ne pas banaliser les difficultés observées, tout en les confrontant à l'âge de l'enfant (Kirby et coll., 2014).

La démarche diagnostique

Toute maladresse ou tout retard graphique repéré ne correspond pas forcément à un TDC. L'approche diagnostique permettra de préciser si ces signes traduisent un TDC, et dans ce cas si le TDC est associé ou non à d'autres troubles, ou si ces signes traduisent en fait un autre trouble pathologique. En plus de cette identification, la démarche diagnostique et tous les éléments alors recueillis visent à aboutir à la préconisation de mesures thérapeutiques et adaptatives (Marchal et Quentin, 2006) et serviront de base pour la suite du parcours de santé de l'individu, dont notamment ce qui concerne l'obtention de droits et prestations dans le cadre d'une reconnaissance de handicap.

De manière générale, l'approche diagnostique se base sur les critères du DSM mentionnés plus haut. Leur déclinaison clinique pose néanmoins un certain nombre de questions sur les outils à utiliser, les seuils à retenir, les professionnels impliqués et leurs rôles ou encore la démarche à suivre selon les profils. De plus, l'évaluation diagnostique ne doit pas se limiter à ces critères lorsque les profils des personnes sont particulièrement complexes, que des signes laissent supposer que d'autres fonctions sont touchées et/ou que d'autres troubles sont associés (Blank et coll., 2012).

Classiquement, le diagnostic du TDC peut être posé dès 5 ans, âge à partir duquel le système perceptivo-moteur peut être considéré comme suffisamment établi. Néanmoins, l'*European Academy for Childhood Disability* (EACD ; Blank et coll., 2012) stipule que l'âge du diagnostic peut être avancé à 3 ans si l'enfant présente une altération marquée du développement sous réserve de la prise en considération précoce des éléments de contexte, de l'exclusion d'autres causes de retard moteur. Dans ce cas, le diagnostic doit s'appuyer sur les résultats d'au moins deux évaluations menées à un intervalle de temps suffisant (au moins 3 mois). Cette pratique est à réaliser avec réserve compte tenu du manque de stabilité des scores obtenus aux différentes évaluations à ces âges.

La démarche diagnostique repose sur plusieurs étapes telles que l'entretien avec le sujet et sa famille intégrant notamment l'histoire médicale et les aspects de participation et qualité de vie, l'évaluation de la motricité avec des tests moteurs et l'examen clinique (Blank et coll., 2012 ; Doderer et Miyahara, 2013 ; Kirby et coll., 2014). Le sujet du diagnostic est central dans la démarche, et l'examen clinique, réalisé avec des outils standardisés, pourra être complété par d'autres évaluations en fonction des situations (Blank et coll. 2012).

L'entretien avec le sujet et/ou sa famille

Pour l'enfant, avant l'examen clinique, l'entretien d'un professionnel avec les parents est un élément très important et primordial du diagnostic (Hamilton, 2002 ; Kirby et coll. 2014). Il permet notamment de réaliser une anamnèse détaillée concernant les premières années du développement et va permettre d'orienter vers des examens complémentaires si nécessaire. L'anamnèse-entretien avec les parents en présence de l'enfant permet de recueillir les antécédents personnels et concernant notamment les éléments suivants :

- la période anté- et périnatale (le déroulement de la grossesse, le terme, les poids, taille et périmètre crânien de naissance, le coefficient d'Appgar qui

permet d'orienter vers une souffrance périnatale, la notion d'intoxication médicamenteuse pendant la grossesse ou de prise d'alcool, la notion de retard de croissance intra utérin) ;

- le comportement alimentaire et sommeil au cours de premiers mois ;
- le comportement à type d'agitation motrice, d'hyperactivité, d'impulsivité ou au contraire d'une certaine passivité, d'une fatigabilité au cours des premiers mois et des premières années ;
- l'âge d'acquisition de la propreté diurne et nocturne ;
- la notion d'anomalie du développement du langage en raison de la fréquente association à un trouble moteur ;
- la survenue d'événements de type traumatisme crânien avec ou sans perte de connaissance ayant nécessité ou non une hospitalisation, la notion de période de coma post-traumatique, de malaises avec perte de connaissance, de suspicion d'épilepsie, etc.

Au cours de cet entretien, les antécédents familiaux sont recherchés parmi les ascendants et les collatéraux concernant la notion de maladresse, les troubles du développement de la coordination, les troubles spécifiques des apprentissages (troubles du langage écrit, lecture, écriture, orthographe, troubles du calcul) ou d'autres troubles neuro-développementaux (troubles du langage oral et ou de la communication, trouble du spectre autistique, déficience intellectuelle, trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité) (Hamilton, 2002 ; Kirby et coll., 2014).

Les étapes du développement psychomoteur sont également détaillées (tenir sa tête, se tenir assis, ramper, se tenir debout, marcher, courir, sauter sur un pied) et mises en regard avec des repères d'âge pour l'acquisition des habiletés motrices et sociales (voir par exemple les repères donnés entre 4 et 12 ans par Hamilton, 2002 ou l'Échelle du développement moteur 0-4 ans, Vaivre-Douret, 2004). Des éléments en faveur d'une régression au niveau du comportement et au niveau du développement moteur et/ou du langage sont recherchés (Kirby et coll., 2014).

Comme mentionné dans le chapitre « Impacts sur les activités quotidiennes, la participation et la qualité de vie », le TDC a des impacts importants et hétérogènes sur les activités et la participation. L'évaluation de ces impacts, correspondant au critère B du DSM, fait partie intégrante de la démarche diagnostique (Kirby et coll., 2014 ; Blank et coll., 2011). Il convient donc de comprendre la plainte du sujet et de sa famille ainsi que de caractériser les impacts du trouble sur la participation, le comportement et la qualité de vie du sujet au sein de sa famille, à l'école, en situation de loisirs et sur les différences entre ces trois lieux de vie. Cela permet de préciser le diagnostic

mais aussi d'être en mesure d'orienter la prise en charge de manière pertinente. La personne (et/ou ses parents si l'enfant n'est pas en mesure de répondre de manière adéquate) doit donc être interrogée sur ces aspects, au cours de l'anamnèse et au travers de questionnaires dont un aperçu est donné dans le chapitre « Les principaux outils d'évaluation retrouvés dans la démarche clinique ». Sont également appréhendées les notions d'estime de soi, d'anxiété, de dépression, de comportement d'agitation et de provocation (Kirby et coll., 2014)

L'entretien avec les parents permet d'établir une véritable anamnèse évaluative et rééducative. Ainsi on interrogera les parents sur l'ensemble des résultats des bilans et des effets des interventions thérapeutiques de type rééducatives ou pharmacologiques (par exemple traitement par méthylphénidate) préalablement mis en place ou en cours (Kirby et coll., 2014). Cette reconstruction du parcours de soin de l'enfant réalisé avec les parents est un élément déterminant de la démarche diagnostique.

L'évaluation de la motricité ou de la coordination motrice

Rappelons que TDC signifie « trouble développemental de la coordination ». Ce trouble se caractérise donc avant tout comme une altération au niveau de la coordination motrice comme l'indique le critère A du DSM. Cette coordination doit être évaluée finement dès l'entrée dans le diagnostic avec des outils standardisés et normés qui sont détaillés dans le chapitre dédié. Étant donné que toutes les dimensions de la motricité peuvent être touchées, l'ensemble de la motricité (motricité globale et motricité fine) doit donc être explorée comme indiqué dans les critères A et C du DSM. L'aspect développemental est également souligné dans ces deux critères puisqu'il s'agit de comparer l'acquisition et l'exécution des compétences par rapport « au niveau escompté pour l'âge chronologique » et d'identifier le début des symptômes lors « de la période développementale précoce ». De récents travaux ont en effet montré l'importance de compléter l'évaluation de la performance par des mesures prenant en compte les aspects développementaux grâce à des critères qualitatifs et quantitatifs (Vaivre-Douret, 2006 ; Largo et coll., 2007 ; Kakebeeke et coll., 2014 et 2016).

L'examen clinique

L'examen clinique comporte plusieurs étapes (Blank et coll., 2012 ; Kirby et coll., 2014) et concerne l'état général, l'examen neurologique et l'examen somatique général.

Lors de l'examen clinique, sont notamment recherchés des signes neurologiques mineurs (*soft neurologic signs*) tels que la présence de mouvements choréiformes, tremblement, syncinésies, ébauche de signes de Babinski uni- ou bilatéral, ébauche de trépidation épileptoïde uni- ou bilatérale, réflexes ostéo-tendineux vifs, imprécision à l'épreuve index-nez (Vaivre-Douret, 2006). La recherche de ces signes est difficile car ils ne sont pas flagrants et doivent donc faire l'objet d'un examen soigné et attentif. Des données normées sur les signes neurologiques mineurs peuvent être trouvées chez Largo et coll. (2001a et 2001b) et dans la batterie d'évaluation NP-MOT (Vaivre-Douret, 2006). Afin d'écarter d'autres troubles ou d'identifier d'éventuels déficits sensoriels de l'audition et de la vision, le professionnel peut aussi demander aux parents de faire réaliser des examens complémentaires.

Poser le diagnostic positif de TDC nécessite de procéder à un diagnostic d'élimination, c'est-à-dire d'écarter toute autre cause pouvant expliquer le retard de développement moteur (voir critère D du DSM-5 ; Blank et coll., 2012 ; Kirby et coll., 2014 ; Hamilton, 2002 ; Vaivre-Douret, 2016 ; etc.). Kirby et coll. (2014) décrivent les signes qui peuvent amener à demander des examens complémentaires neuropédiatriques tels qu'une IRM cérébrale ou médullaire, un EEG, un EMG, des examens biologiques, un dosage des CPK, une recherche de cause génétique ou métabolique, etc. La présence de l'un de ces signes peut orienter vers d'autres pathologies telles qu'une maladie neurodégénérative, une myopathie de Duchenne ou autres myopathies comme la maladie de Steinert, des anomalies cérébelleuses (atrophie du cervelet, lésions tumorales, etc.), un retard mental, une paralysie cérébrale, etc. Le DSM-5 mentionne également que l'examen neurologique et l'examen de la fonction visuelle doivent être inclus dans l'évaluation diagnostique différentielle car c'est seulement si les difficultés de coordination motrice ne peuvent pas être mieux expliquées par une déficience visuelle ou une affection neurologique motrice (infirmité motrice cérébrale, par exemple) que le diagnostic de TDC peut être posé. La réalisation d'une évaluation de l'efficacité intellectuelle a été retirée du critère A du DSM-5 par rapport au DSM-IV-TR. Cependant, le diagnostic de déficience intellectuelle participe au diagnostic différentiel du TDC (critère D du DSM-5). Selon Blank et coll. (2012), il semble artificiel de définir un niveau de QI au-dessous duquel il ne serait pas possible de poser le diagnostic de TDC. Ces auteurs en concluent que le diagnostic de TDC peut être posé lorsque l'enfant répond à l'ensemble des critères diagnostiques et lorsque le statut cognitif ne peut expliquer les troubles moteurs et leur impact dans les activités de la vie quotidienne. La littérature souligne l'importance de dépister notamment, *via* l'examen neurologique, un déficit moteur avéré de la commande motrice qui peut être associé au TDC, amplifiant les difficultés de coordination mais qui

se différencie d'un TDC (Vaivre-Douret et coll., 2016). Plus de précisions sont apportées sur l'examen neuropsychomoteur et neuropsychologique dans le chapitre suivant.

Le diagnostic étiologique a pour objectif de déterminer la nature cognitive du trouble et d'en comprendre les mécanismes physiopathologiques. Plusieurs dysfonctionnements cognitifs chez l'enfant présentant un TDC peuvent être mis en évidence (chapitre « La cognition dans le trouble développemental de la coordination (TDC) »). Cette grande variété de troubles est le reflet de l'importante hétérogénéité du TDC (Wilson et coll., 2013).

La prise en compte des troubles associés

Par ailleurs, la fréquence des troubles associés et les conséquences de ces associations (chapitre « Troubles associés ») rendent indispensable la prise en compte ce facteur dans l'évaluation diagnostique, en particulier les associations avec le TDA/H et les troubles du langage écrit et oral (Blank et coll., 2011). Cela doit permettre de clarifier ce qui relève d'un trouble concomitant ou ce qui est une conséquence du TDC et donc de préciser le diagnostic et mieux orienter les prises en charge. Dans beaucoup d'études portant sur le TDC, ces précautions ne sont pas systématiquement prises pour s'assurer que les individus recrutés sont porteurs d'un TDC.

Des différences dans les démarches diagnostiques en clinique ou en recherche ?

Plusieurs auteurs indiquent que les critères diagnostiques retenus pour identifier les personnes présentant un TDC peuvent être différents ou non selon que l'on se place dans une démarche de diagnostic clinique ou dans un contexte de recherche.

Ainsi Missiuna et coll. (2008) ont mené une étude sur 116 enfants répondant au diagnostic probable de TDC. Le diagnostic était porté par des professionnels formés, ergothérapeutes et médecins. Quatre-vingt-huit (76 %) de ces enfants répondaient aux 4 critères du TDC selon le DSM-IV-TR (2000). Soixante-dix-sept pour cent d'entre eux présentaient un trouble sévère (score < 5^e percentile au MABC). Parmi les 28 qui ne répondaient pas à la totalité des critères du DSM-IV-TR, 17 avaient un score supérieur au 16^e percentile au MABC, 4 répondaient à une autre cause médicale, de type lésion cérébrale acquise, syndrome d'alcoolisation fœtale, 8 avaient un potentiel intellectuel inférieur à 80. Les résultats de cette étude montraient que poser un diagnostic

clinique de TDC répondant rigoureusement aux 4 critères du DSM était difficile et dépendait de la formation et de l'entraînement des professionnels. Dans le domaine de la recherche, le diagnostic médical était rarement obtenu. La sélection des enfants en fonction d'un ou de plusieurs critères du DSM-IV-TR dépendait de l'objectif de la recherche. De même, Geuze et coll. (2001 et 2015) ont mené une étude sur la différence entre les critères diagnostiques utilisés dans un objectif clinique, celui de porter le diagnostic de TDC, et ceux utilisés pour sélectionner des enfants dans un objectif de recherche. Selon ces auteurs, répondre à des critères cliniques permet de poser un diagnostic, de mettre en place un traitement, des aides au niveau pédagogique et dans la vie quotidienne, d'obtenir des remboursements ou allocations de compensation. Au contraire, dans le domaine de la recherche, l'échantillon est sélectionné selon un certain nombre de critères permettant de répondre à la question de recherche. Si la question de recherche posée est plutôt axée sur des questions cliniques, les critères diagnostiques pour la clinique et pour la recherche sont identiques, c'est-à-dire que les enfants sélectionnés comme présentant un TDC sont ceux qui répondent aux 4 critères du DSM-5. Si la question de recherche posée porte sur une hypothèse théorique ou sur des facteurs prédictifs du TDC ou des caractéristiques du TDC, les critères de sélection des enfants seront moins stricts, englobant un groupe d'enfants plus large que celui répondant strictement aux 4 critères du DSM-5. Il s'agit là d'un facteur expliquant en partie l'hétérogénéité des échantillons retrouvés dans la littérature.

Le parcours diagnostique : coordination entre différents acteurs et graduation

La démarche diagnostique s'inscrit dans un véritable parcours au sens où elle nécessite plusieurs étapes et l'intervention de différents acteurs. Ce parcours diffère selon les profils et les situations.

Les premiers acteurs de ces parcours sont les personnes présentant le trouble et leur famille. Plusieurs auteurs rappellent en effet qu'une place importante et première doit leur être faite (Clark and coll., 2005 ; Marchal et Quentin, 2006 ; HAS, 2017 ; etc.). Ainsi, le point de vue de l'enfant doit être pris en compte, parce qu'il peut différer des autres points de vue, notamment de celui de ses parents et des professionnels qui sont autour de lui (Sturges et coll., 2002 ; Dunford et coll., 2005). Comme nous l'avons vu précédemment, le point de vue des parents, pour l'anamnèse mais aussi pour les aspects de participation et de qualité de vie, est aussi indispensable. Quelques outils ont été élaborés pour évaluer le point de vue de l'enfant et des parents en relation avec les activités de sa vie quotidienne (chapitre « Outils d'évaluation »).

Selon les recommandations de l'EACD (Blank et coll., 2012), le diagnostic doit être porté par un professionnel qualifié sur la base d'une approche multidisciplinaire. Ceci signifie que le diagnostic implique la contribution de plusieurs métiers (par exemple : psychomotricien, ergothérapeute, psychologue, neuropsychologue, orthophoniste, médecin ayant reçu une formation dans le domaine des troubles du neuro-développement, etc.). La nécessité de regards croisés a aussi été soulignée par Wilson et coll. (2013) dans une étude portant sur 1 297 participants composés de parents, enseignants, médecins généralistes et spécialistes.

Il ressort cependant des témoignages d'associations de familles (voir auditions) et de la littérature que le diagnostic relève d'un « parcours du combattant » et que les parents se sentent souvent peu accompagnés (Wilson et coll., 2013 ; Soriano et coll., 2015). Selon ces auteurs, les familles consultent souvent un large nombre de professionnels, ce qui se traduit par des délais importants. Au Royaume-Uni, le diagnostic serait porté en moyenne 2 ans après la survenue des premiers signes faisant l'objet d'une plainte (*ibid.*). Comme les rapports de la Commission nationale de la naissance et de la santé de l'enfant (CNNSE, 2013) et de la Haute Autorité de santé (HAS, 2017), ces auteurs insistent notamment sur le besoin de structuration du parcours diagnostic et de coordination entre les professionnels.

En France, si l'on se réfère au récent rapport de la HAS (2017), le parcours de santé de l'enfant avec troubles spécifiques du langage et des apprentissages (dont celui présentant un TDC) doit être structuré et gradué en 3 niveaux en fonction du degré de complexité de la situation de l'enfant (figure 12.1).

En amont, le repérage implique la famille, les professionnels de la petite enfance, l'école et les professionnels de santé.

Le premier niveau correspond aux situations simples qui peuvent être prises en charge en proximité par le médecin traitant référent et l'ergothérapeute ou le psychomotricien. Pour le diagnostic, l'enjeu porte sur la nécessité « d'une prescription éclairée des bilans qui permettront de poser une première hypothèse diagnostique » puis de prescrire un traitement de type rééducatif. Le rôle du médecin est ici central en ce qu'il prend en compte la plainte de la part des parents, de l'enfant et de l'adolescent ou de la part d'un enseignant ou d'un autre professionnel de santé puis pourra procéder à l'anamnèse et à l'examen clinique et participer ainsi au diagnostic différentiel. Il adressera ensuite l'enfant ou l'adolescent à un professionnel de la motricité tel qu'un psychomotricien ou ergothérapeute qui pourra contribuer à éclaircir le diagnostic à l'aide de tests. Le médecin prescrira alors un traitement de type rééducatif.

Le niveau 2 s'adresse aux situations complexes nécessitant une coordination plus importante des professionnels. Il est notamment recommandé en situation de difficulté diagnostique, de présence de troubles associés ou si le trouble résiste à la rééducation. Le médecin de niveau 1 pourra dans ces cas faire relai avec un médecin plus spécialisé dit de niveau 2 ou un dispositif dit de niveau 2 qui implique des équipes spécialisées pluridisciplinaires.

Le niveau 3 concerne les situations les plus complexes relevant de l'expertise des centres de référence hospitaliers, chaque fois que le diagnostic reste non posé, ou qu'un doute persiste, et/ou que le traitement est en échec malgré les interventions de niveau 1 et 2.

Plusieurs professionnels sont mentionnés dans ces parcours. Concernant le diagnostic, quelques éléments sur certains d'entre eux peuvent être apportés ici bien que la littérature soit très limitée sur le sujet⁶⁴ et ne balaie pas l'ensemble des professionnels impliqués.

Tout d'abord, les médecins généralistes figurent parmi les premiers professionnels consultés (Gaines et coll., 2008 ; Soriano et coll., 2015). Ayant un rôle important pour le repérage et constituant le premier maillon du parcours diagnostique, les médecins généralistes font néanmoins état de leur faible connaissance sur le TDC (Gaines et coll., 2008) et de leurs difficultés pour détecter ce trouble et orienter la démarche diagnostique (Kirby et coll., 2005). Dans son rapport, la CNNSE (2013) décrivait une situation similaire en France.

Ensuite, les spécialistes de la motricité, ergothérapeutes et psychomotriciens en France, interviennent également dans le parcours diagnostique en réalisant notamment des bilans d'évaluation pour confirmer les diagnostics. Sartori (2011) rappelle par exemple le rôle du thérapeute en psychomotricité pour poser le diagnostic différentiel entre retard et trouble. Il précise notamment qu'une intervention thérapeutique peut aider à poser ce diagnostic différentiel en tenant compte de l'effet des séances sur l'évolution du trouble. Missiuna et coll. (2008a et 2008b) rappellent eux le rôle essentiel des ergothérapeutes dans le diagnostic du TDC, précisant que ces professionnels sont souvent les premiers à être consultés pour des difficultés d'écriture et qu'ils sont souvent plus aptes à poser le diagnostic en comparaison avec les médecins. Cependant, ces auteurs rapportent que les ergothérapeutes hésitent à porter le diagnostic pour plusieurs raisons : ils considèrent manquer de connaissances sur cette pathologie, qui, de plus, intéresse d'autres sphères que le moteur pour lesquelles ils pensent ne pas avoir de compétences.

64. Des éléments complémentaires sur les rôles des différents professionnels sont apportés dans le chapitre « Quelle division du travail, entre professionnels et profanes, autour des personnes présentant un TDC ».

Enfin, parmi les autres professionnels potentiellement impliqués, des articles abordent le rôle de l'orthophoniste (Missiuna et coll., 2002) en ce qu'il peut aider à repérer les enfants à risque de TDC, à évaluer le trouble du langage associé au TDC le cas échéant et, enfin, à renforcer les compétences linguistiques de l'enfant présentant un TDC, facilitant ainsi l'accès aux apprentissages scolaires.

Le rôle de l'orthoptiste (Blanc, 2011) est aussi rappelé concernant l'examen de la fonction visuelle pour dépister les troubles neurovisuels, notamment les troubles de l'oculomotricité, le bilan des fonctions visuo-spatiale incomplet plutôt au neuropsychologue.

Le rôle des enseignants (dont les professeurs d'éducation physique) est aussi rappelé par plusieurs auteurs pour le repérage des troubles (Kirby et coll., 2005 ; Clark et coll., 2005 ; Rivard et coll., 2007 ; Roth et Rimmerman, 2009 ; Ozbič et Filipčič, 2010 ; Engel-Yeger et coll., 2015).

RÉFÉRENCES

American Psychiatric Association (APA). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-IV-TR)*. Washington, DC : American Psychiatric Association, 2000.

American Psychiatric Association (APA). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (DSM-5)*. Washington, DC : American Psychiatric Association, 2013.

Blanc S. Rôle de l'orthoptiste dans le dépistage des troubles neurovisuels. *Revue Francophone d'Orthoptie* 2011 ; 4 : 150-2.

Blank R, Smits-Engelsman B, Polatajko H, *et al.* European academy for childhood disability (EACD): recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 54-93.

Blank R, Forssberg H, Albaret JM, *et al.* EACD Recommendations (long version): definition, diagnosis, assessment and intervention of developmental coordination disorder (DCD). Louvain : EACD, 2011. Téléchargé le 28 novembre 2018 sur la page <http://www.eacd.org/publications.php>.

Cailloux F, Spica O. L'enfant dyspraxique en maternelle : les signes d'appel, présentation d'une étude exploratoire concernant un outil de repérage, quelques pistes d'adaptations pédagogiques. *ANAE* 2006 ; 88-89 : 172-8.

Clark JE, Getchell N, Smiley-Oyen AL, *et al.* Developmental coordination disorder: issues, identification, and intervention. *JOPERD* 2005 ; 76 : 49-53.

Commission nationale de la naissance et de la santé de l'enfant (CNNSE). *Parcours de soins des enfants et des adolescents présentant des troubles du langage et des apprentissages*. Paris : CNNSE, 2013.

Couturat PL. *Trouble de l'acquisition des coordinations à l'école maternelle : validation d'une échelle d'hétéroévaluation*. Thèse de doctorat (sous la direction de R. Pry). Montpellier : Université Paul Valéry-Montpellier III, juillet 2012.

Dhall JK. Handwriting-based model for identification of developmental disorders among North Indian children. *School Psychol Int* 2016 ; 37 : 51-63.

Doderer L, Miyahara M. Critical triangulation of a movement test, questionnaires, and observational assessment for children with DCD. *Int J Ther Rehabil* 2013 ; 20 : 435-42.

Dunford C, Missiuna C, Street E, *et al.* Children's perceptions of the impact of developmental coordination disorder on activities of daily living. *Br J Occup Ther* 2005 ; 68 : 207-14.

Engel-Yeger B, Hanna-Kassis A, Rosenblum S. The relationship between sports teachers' reports, motor performance and perceived self-efficacy of children with developmental coordination disorders. *Int J Disabil Hum Dev* 2015 ; 14 : 89-96.

Gaines R, Missiuna C. Early identification: are speech/language-impaired toddlers at increased risk for developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2007 ; 33 : 325-32.

Gaines R, Missiuna C, Egan M, *et al.* Educational outreach and collaborative care enhances physician's perceived knowledge about developmental coordination disorder. *BMC Health Serv Res* 2008 ; 8 : 21.

Gaines R, Missiuna C, Egan M, *et al.* Interprofessional care in the management of a chronic childhood condition: developmental coordination disorder. *J Interprof Care* 2008 ; 22 : 552-5.

Geuze RH, Jongmans MJ, Schoemaker MM, *et al.* Clinical and research diagnostic criteria for developmental coordination disorder: a review and discussion. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 7-47.

Geuze RH, Schoemaker MM, Smits-Engelsman BC. Clinical and research criteria for developmental coordination disorder. Should they be one and the same? *Curr Dev Disord Rep* 2015 ; 2 : 127-30.

Hamilton SS. Evaluation of clumsiness in children. *Am Fam Physician* 2002 ; 66 : 1435-40, 1379.

Haute autorité de santé (HAS). *Comment améliorer le parcours de santé d'un enfant avec troubles du langage et des apprentissages*. Saint-Denis : HAS, 2017.

Kakebeeke TH, Egloff K, Caflisch J, *et al.* Similarities and dissimilarities between the movement ABC-2 and the Zurich neuromotor assessment in children with suspected developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 3148-55.

Kakebeeke TH, Knaier E, Köchli S, *et al.* Comparison between the movement ABC-2 and the Zurich neuromotor assessment in preschool children. *Percept Mot Skills* 2016 ; 123 : 687-701.

Kirby A, Davies R, Bryant A. Do teachers know more about specific learning difficulties than general practitioners? *Br J Spec Educ* 2005 ; 32 : 122-6.

Kirby A, Salmon G, Edwards L. Attention-deficit hyperactivity and developmental coordination disorders: knowledge and practice among child and adolescent psychiatrists and paediatricians. *Psychiatr Bull* 2007 ; 31 : 336-8.

Kirby A, Salmon G, Edwards L. Should children with ADHD be routinely screened for motor coordination problems? The role of the paediatric occupational therapist. *Br J Occup Ther* 2007 ; 70 : 483-6.

Kirby A, Sugden D, Purcell C. Diagnosing developmental coordination disorders. *Arch Dis Child* 2014 ; 99 : 292-6.

Largo RH, Caflisch JA, Hug F, *et al.* Neuromotor development from 5 to 18 years. Part 1: timed performance. *Dev Med Child Neurol* 2001a ; 43 : 436-43.

Largo RH, Caflisch JA, Hug F, *et al.* Neuromotor development from 5 to 18 years. Part 2: associated movements. *Dev Med Child Neurol* 2001b ; 43 : 444-53.

Largo RH, Rousson V, Caflisch JA, *et al.* *Zurich neuromotor assessment*. Zurich : AWE Verlag, 2007.

Marchal F, Quentin V. La démarche diagnostique dans la dyspraxie. *ANAE* 2006 ; 88-89 : 159-63.

Missiuna C, Gaines R, McLean J, *et al.* Description of children identified by physicians as having developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2008 ; 50 : 839-44.

Missiuna C, Gaines R, Pollock N. Recognizing and referring children at risk for developmental coordination disorder: role of the speech-language pathologist. *J Speech Lang Pathol Audiol* 2002 ; 26 : 172-9.

Missiuna C, Moll S, King S, *et al.* A trajectory of troubles. Parents' impressions of the impact of developmental coordination disorder. *Phys Occup Ther Pediatr* 2007 ; 27 : 81-101.

Missiuna C, Pollock N, Egan M, *et al.* Enabling occupation through facilitating the diagnosis of developmental coordination disorder. *C J Occup Ther* 2008 ; 75 : 26-34.

Ozbič M, Filipčič T. Complex imitation of gestures in school-aged children with learning difficulties. *Kinesiology* 2010 ; 42 : 44-55.

Rivard LM, Missiuna C, Hanna S, *et al.* Understanding teachers' perceptions of the motor difficulties of children with developmental coordination disorder (DCD). *Br J Educ Psychol* 2007 ; 77 : 633-48.

Roth D, Rimmerman A. Perceptions of middle-class mothers of their children with special needs participating in motor and sport programs. *Int J Rehabil Res* 2009 ; 32 : 356-9.

Sartori JM. Dyspraxie ou immaturité praxique ? La thérapie psychomotrice comme outil diagnostic. *Ther Psychomot Rech* 2011 ; 165 : 112-21.

Soriano CA, Hill EL, Crane L. Surveying parental experiences of receiving a diagnosis of developmental coordination disorder (DCD). *Res Dev Disabil* 2015 ; 43-44 : 11-20.

Sturges J, Rodger S, Ozanne A. A review of the use of self report assessment with young children. *Br J Occup Ther* 2002 ; 65 : 108-16.

Vaivre-Douret L. *Précis théorique et pratique du développement moteur du jeune enfant ; normes et dispersions* (2^e éd). Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée (ECPA)-Elsevier, 2004.

Vaivre-Douret L. Un outil normé pour l'évaluation des fonctions neuro-psychomotrices de l'enfant : la batterie NP-MOT. *ANAE* 2006 ; 88-89 : 237-40.

Vaivre-Douret L, Lalanne C, Golse B. Developmental coordination disorder, an umbrella term for motor impairments in children: nature and co-morbid disorders. *Front Psychol* 2016 ; 7 : 502.

Wilson BN, Neil K, Kamps PH, *et al.* Awareness and knowledge of developmental coordination disorder among physicians, teachers and parents. *Child Care Health Dev* 2013 ; 39 : 296-300.

Wilson PH, Ruddock S, Smits-Engelsman B, *et al.* Understanding performance deficits in developmental coordination disorder: a meta-analysis of recent research. *Dev Med Child Neurol* 2013 ; 55 : 217-28.

13

Évaluation des déficiences au regard de la clinique

L'évaluation des déficiences relatives au TDC dans les domaines neuropsychomoteur et neuropsychologique est cruciale pour le diagnostic de TDC ainsi que pour la compréhension de ce trouble et de la variabilité qu'il recouvre. En effet, si le diagnostic de TDC est porté principalement en cas de déficience dans les aptitudes motrices interférant dans les activités quotidiennes de la vie familiale, sociale, scolaire ou communautaire, il apparaît cependant des spécificités et des dysfonctionnements associés au TDC qui sont, ou non, à distinguer d'une éventuelle comorbidité. Ce chapitre présente une revue de littérature concernant l'évaluation des déficiences relatives au TDC dans le domaine neuropsychomoteur et neuropsychologique afin d'apporter des éléments pour identifier ces spécificités. Cette revue montre que le TDC apparaît marqué par la coexistence de déficiences variables selon les études, sans toutefois de désaccord majeur entre les auteurs.

La déficience est définie, selon le *Guide-barème pour l'évaluation des déficiences et incapacités des personnes handicapées* (art. Annexe 2-4 du Code de l'action sociale et des familles), comme « toute perte de substance ou altération d'une structure ou fonction psychologique, physiologique ou anatomique. La déficience correspond à l'aspect lésionnel et équivaut, dans la définition du handicap, à la notion d'altération de fonction. »

Les déficiences neuropsychomotrices d'une part et neuropsychologiques d'autre part concernent un déficit d'une ou de plusieurs fonctions mentales supérieures dans le cerveau.

Les déficiences neuropsychomotrices (Vaivre-Douret, 2009) relèvent des domaines neuromoteur et psychomoteur. Ce sont essentiellement celles qui relèvent de l'organisation du tonus passif (ballant et extensibilité des membres, réflexes) et du tonus actif (épreuves de syncinésies⁶⁵ et de

65. Contraction involontaire d'un muscle ou d'un groupe de muscles apparaissant alors qu'un autre mouvement volontaire ou réflexe est effectué.

diadococinésies⁶⁶) participant à la neuromotricité, de l'organisation de la motricité globale (coordination statique et dynamique) et fine (coordination bi-manuelles, habiletés), des praxies gestuelles et desgnosopaxies (imitation de gestes), du schéma corporel et de l'intégration de l'orientation du corps (droite/gauche), de la latéralité, de l'organisation et de la structuration spatiale (notions dessus, dessous, etc.) et temporelle dont l'adaptation aux rythmes, de la sensorimotricité (gnosies digitales tactiles, kinesthésie), et du graphisme dont l'écriture.

Les déficiences neuropsychologiques touchent plus spécifiquement les fonctions cognitives comme l'attention (auditive et visuelle, visuo-spatiale), la mémoire auditive immédiate et de travail, la mémoire visuelle et visuo-spatiale, la planification mentale, la flexibilité et l'inhibition (appartenant aux fonctions exécutives), l'intégration visuo-motrice et visuo-spatiale, la structuration ou la construction motrice visuo-spatiale, lesgnosies visuelles, le langage oral et écrit et l'efficacité intellectuelle mesurée par un test de quotient intellectuel (QI).

En clinique, la fonction neurovisuelle est souvent associée essentiellement avec la recherche de déficit de l'oculomotricité et de la perception visuelle ou/et visuo-spatiale pouvant entraîner des déficiences neuropsychologiques plus spécifiques (Mazeau, 1995).

Le corpus analysé

Notre revue de littérature a porté sur une première sélection de 52 articles⁶⁷. Nous avons exclu les articles qui ne concernaient pas spécifiquement le TDC ou les troubles de la coordination, qui ne traitaient pas spécifiquement de l'évaluation des déficiences, et/ou qui ne répondaient pas à une méthodologie scientifique en rapportant des observations non validées ou en présentant d'importants biais méthodologiques dans les critères d'inclusion⁶⁸. Sur les 52 articles initiaux, nous avons ainsi retenu 19 recherches originales : 16 études concernent une population d'enfants d'âge scolaire ou préscolaire,

66. Aptitude naturelle à exécuter rapidement et alternativement des mouvements opposés, par exemple, la réalisation des mouvements alternatifs rapides de pronosupination du poignet (complexe de mouvements permettant une rotation du poignet).

67. Voir Annexe 2 pour la description de la constitution du corpus bibliographique.

68. Les quelques études portant sur l'adulte ont été exclues car elles présentaient des biais méthodologiques, notamment concernant les critères d'inclusion des groupes porteurs d'un TDC qui étaient peu explicites et parfois peu rigoureux. L'étude Tal-Saban et coll. (2012) effectuée par exemple le diagnostic des adultes porteurs d'un TDC uniquement par le biais d'un questionnaire. Dans l'étude de Cousin et Smith (2003), les critères d'inclusion sont soit un diagnostic de TDC effectué pendant l'enfance, soit des réponses correspondant à la description du TDC à un entretien anamnestique effectué au moment de l'étude.

1 étude concerne spécifiquement des enfants prématurés, et 2 études concernent une population d'adolescents. Les articles retenus portent sur l'évaluation des compétences et déficiences principalement motrices et graphiques, mais également cognitives en particulier concernant le niveau intellectuel (Coleman et coll., 2001 ; Boudia, 2011 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012) et les fonctions exécutives (Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012 ; Toussaint et coll., 2013 ; Vaivre-Douret et coll., 2016). Les fonctions évaluées et les tests utilisés dans chaque article portant sur une population d'enfants sont reportés dans le tableau 13.I (présenté en fin de chapitre).

Ce corpus bibliographique présente diverses limites qui appellent à une certaine prudence dans l'interprétation des résultats. Tout d'abord, la majorité des études évaluent une ou quelques fonction(s) isolée(s) et ne permettent pas une compréhension globale du trouble et de ses causalités sous-jacentes. Seules quelques études (Watter et coll., 2008 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012) s'intéressent à évaluer l'association de plusieurs fonctions appartenant aux domaines neuromoteur, psychomoteur, neuropsychologique, neurovisuel, et/ou langagier.

Par ailleurs, il existe un biais méthodologique notable dans la plupart des études qui est la faible puissance statistique des échantillons d'enfants présentant un TDC majoritairement constitués que d'une vingtaine d'enfants (tableau 13.I). En outre, une analyse de la méthodologie employée dans l'ensemble des études souligne les ambiguïtés précédemment évoquées concernant la définition et les critères diagnostiques relatifs aux déficiences du TDC. En effet, la constitution des groupes d'enfants porteurs d'un TDC est variable selon les études. La majorité d'entre elles utilisent pour cela la MABC (Henderson et coll., 1992) ou MABC-2 (Henderson et coll., 2007), mettant en évidence des performances motrices plus faibles chez ces enfants. Cependant, le seuil utilisé pour classer les enfants est variable selon les études, allant d'un score inférieur au 5^e percentile à un score inférieur ou égal au 15^e percentile. De plus, certaines études constituent les groupes d'enfants en se basant sur les nosographies internationales (DSM-IV ou DSM-5), tandis que d'autres ne précisent pas leurs critères de classification (tableau 13.I). Dans tous les cas, la majorité des études n'utilise que peu d'outils d'évaluation des fonctions cérébrales pour isoler les groupes d'enfants porteurs d'un TDC, ce qui ne permet pas une compréhension suffisamment fine du trouble et a pour conséquence la constitution de groupes d'enfants hétérogènes, marqués parfois par la présence de comorbidités tels que des troubles attentionnels. Le TDC apparaît ainsi comme une étiquette regroupant tous les troubles de la coordination dont les étiologies peuvent être

variables. Ainsi Kirby et coll. (2010) mettent en évidence, au sein de leur échantillon d'enfants, la présence de troubles de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H). Seules quelques études utilisent des critères d'exclusion permettant d'isoler le TDC du TDA/H (Sinani et coll., 2011 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012, Prunty et coll., 2013) ou de troubles du langage (Sinani et coll., 2011 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012 ; Toussaint et coll., 2013). Hill et coll. (1998) dissocient des groupes d'enfants porteurs d'un TDC et des groupes d'enfants porteurs d'un trouble spécifique du langage oral (TSLO) et mettent en évidence des dysfonctionnements similaires dans ces deux groupes concernant l'affirmation ainsi que la préférence manuelle et les capacités de représentation du geste.

Les déficiences neuro-psychomotrices

Une majorité d'études analysées s'intéresse ainsi aux déficiences des fonctions motrices fines et plus spécifiquement de l'écriture. Comme mentionné dans le chapitre spécifique sur les impacts du TDC sur l'écriture, les auteurs mettent en évidence une dégradation de la qualité d'écriture et une plus grande variabilité temporelle de l'écriture chez les enfants porteurs d'un TDC avec des temps de pause sur papier et en l'air plus élevés que ceux des enfants typiques (tableau 13.I). Seuls Rosenblum et coll. (2013) mettent en évidence une atteinte des éléments spatiaux de l'écriture, mais leur étude portant sur l'écriture arabe, les résultats peuvent difficilement être comparés à ceux des études portant sur l'écriture occidentale cursive ayant des caractéristiques spatio-temporelles différentes. Il en est de même concernant une seconde étude de Rosenblum et Livneh-Zirinski (2008) qui s'intéresse à l'écriture hébraïque. Selon Bo et coll. (2014), les difficultés d'écriture chez les enfants porteurs d'un TDC sont corrélées à des faibles scores aux épreuves d'intégration visuo-motrice (Beery-VMI) et à l'épreuve graphique visuo-motrice du MABC-2 (trajet à suivre avec un stylo). Ces résultats portent cependant sur un faible échantillon d'enfants présentant un TDC ($n = 7$) et pour lequel l'unique critère diagnostique utilisé est l'obtention d'un score inférieur au 15^e percentile au MABC-2. Selon Prunty et coll. (2013), la lenteur d'écriture repérée chez ces enfants est due à des temps de pauses élevés plutôt qu'à une lenteur du tracé effectif des lettres. Il est cependant à noter que parmi les 28 enfants présentant un TDC de l'échantillon, 7 obtiennent un score d'hyperactivité élevé à l'échelle de comportement *Strengths and Difficulties Questionnaire* (SDQ ; Goodman, 1997) utilisée par les auteurs. Par conséquent, il apparaît difficile de discriminer si les temps de pause élevés sont

liés à un trouble attentionnel chez ces enfants ou à leurs difficultés spécifiquement associées au TDC. L'étude de Jolly et coll. (2010) met en évidence une dégradation de l'écriture plus marquée en tâche de dictée, reflétant des difficultés de représentation mentale. Les résultats de cette étude sont cependant difficilement généralisables puisqu'ils ne s'appuient que sur une étude de cas d'une enfant porteuse d'un TDC. De façon générale le trouble de l'écriture reste majoritairement associé au TDC, 87 % selon O'Hare et Khalid (2002) et 88 % selon Vaivre-Douret et coll. (2011b) sans pour autant que l'on comprenne la nature des difficultés d'écriture qui restent à être mieux explorées. Les tests utilisés comme le BHK sont à interpréter avec prudence quant au caractère dysgraphique. En effet, le diagnostic de dysgraphie est souvent vite posé sur un seul test et parfois avec une dégradation portant sur la vitesse plutôt que la qualité de l'écriture avec pour conséquence de conclure à un trouble neuropsychologique empêchant l'acte d'écrire. Dans l'étude de Lopez et coll. (2016b), il apparaît 89 % de troubles de l'écriture chez des enfants et adolescents entre 5 et 15 ans porteurs d'un TDC mais seulement 20 % seraient concernés par une véritable dysgraphie qui relèverait d'un trouble de l'organisation spatiale des lettres et du contrôle moteur. Force est de constater que dans la majorité des études, ce dernier point n'est jamais exploré simultanément avec un test de l'écriture ni avec la composante de la maturation de l'organisation du niveau de coordination segmentaire du geste pour écrire (participation du tronc, épaule, coude, poignet, doigts) qui a une caractéristique développementale pourtant à prendre en compte (Lopez et coll., 2016a).

Sur le plan des apprentissages scolaires, si beaucoup d'études mettent en évidence un trouble de l'écriture (tableau 13.I), il apparaît aussi des difficultés avérées recensées en mathématiques (pose des opérations, doubles tableaux, etc.) et particulièrement en géométrie (Vaivre-Douret et coll., 2011a et b).

Les déficiences concernant la planification motrice apparaissent également prépondérantes. La planification motrice renvoie au processus cognitif permettant d'organiser le geste en prenant en compte d'une part les informations sensorielles de l'environnement (tactiles, visuelles et auditives) et de son propre corps, et d'autre part, les paramètres spatiaux (amplitude, etc.) et temporels pour la réalisation du geste (vitesse, etc.). Les auteurs mettent en évidence des difficultés dans la reproduction de gestes transitifs⁶⁹ et intransitifs⁷⁰

69. Gestes qui miment l'usage de l'objet sans objet comme planter un clou.

70. Gestes qui n'impliquent pas la manipulation d'objets réels comme dans les gnosopraxies d'imitation de gestes arbitraires tel que entrelacer en forme d'anneau le pouce et l'index de chaque main.

(Sinani et coll., 2011 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012) marquées par des erreurs dans le séquençage du mouvement (Hill et coll., 1998) ainsi que des difficultés de planification, d'exécution et de correction du mouvement (Kirby et coll., 2010). Cependant, de nouveau, dans l'étude de Hill et coll. (1998) comme dans celle de Kirby et coll. (2010), les échantillons d'enfants porteurs d'un TDC sont faibles ($n = 11$) et les critères d'inclusion sont discutables concernant les comorbidités (3 enfants porteurs d'un TDA/H sur les 11 enfants porteurs d'un TDC dans l'étude de Kirby et coll., 2010).

Les praxies digitales (par exemple mouvements d'opposition des doigts), lesgnosies digitales qui consistent en la reconnaissance des doigts touchés (Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012) et la fonction tactile (Cox et coll., 2015) apparaissent également affectées, le déficit de la fonction tactile étant corrélé au niveau d'écriture de l'enfant.

Par ailleurs, il est remarqué un déficit de la perception kinesthésique transmodale avec la fonction visuelle lorsque l'enfant présentant un TDC doit reconnaître sur un écran l'animal touché avec les mains cachées (Coleman et coll., 2001). On trouve également un manque d'affirmation de la préférence manuelle (Hill et coll., 1998) et une irrégularité temporelle de la marche (Woodruff et coll., 2002 ; Morisson et coll., 2013). Cependant, de plus amples investigations avec une méthodologie appropriée sont nécessaires dans ces domaines.

Du point de vue psychomoteur et moteur, il apparaît que l'enfant présentant un TDC, contrairement à ce que l'on pourrait attendre du développement de ses acquisitions motrices de base (tenue assise, marche autonome), peut avoir un développement psychomoteur dans la norme (DF-MOT, Vaivre-Douret, 2004) ou dans les limites de la normale, avec une station assise acquise en moyenne autour de 7-8 mois, au maximum à 9 mois, et une marche autonome acquise entre 13 et 18 mois. Certains d'entre eux peuvent cependant présenter un retard notable dans leurs premières acquisitions motrices développementales (au moins un écart-type en dessous de la moyenne) et auront un profil plus particulier, voire renforcé sur les troubles du tonus et de la coordination, mais cela n'est pas pour autant prédicteur d'un TDC. En effet, cela peut relever d'un trouble moteur de la commande motrice (d'origine pyramidale) ou d'un déficit neuromusculaire d'ordre génétique, voire d'un trouble plus global de la coordination associé à des troubles cognitifs ou/et de la communication sociale comme dans les troubles du spectre de l'autisme. Un diagnostic différentiel s'impose alors.

Les déficiences neuropsychologiques

D'autres études cliniques s'intéressent aux déficits neuropsychologiques mettant en évidence d'une part, des difficultés de planification mentale et d'inhibition concernant les fonctions exécutives (Toussaint et coll., 2013).

Cependant, dans l'étude récente de Vaivre-Douret et coll. (2016), il apparaît une corrélation entre un trouble de la planification mentale qui relève des fonctions exécutives ($p < 0,01$), avec la présence d'un trouble de la commande motrice (motricité volontaire concernant le faisceau pyramidal pour l'exécution du mouvement) à type de spasticité distale discrète (qui consiste en une hypertonie musculaire à l'étirement lors de la flexion dorsale du pied), jamais examinée dans toutes les études sur le TDC. La présence de ce trouble est associée à une augmentation significative des troubles de la dextérité et de la coordination globale et à des dysdiadococinésies (incapacité de réaliser rapidement des mouvements alternatifs comme la pronosupination du poignet) ($p < 0,001$).

D'autre part, si l'enfant présentant un TDC est un enfant porteur de capacités intellectuelles dans la norme (quotient intellectuel, QI > 70), voire très élevées pour certains dits précoces (QI > 130), il apparaît dans les observations cliniques descriptives une dissociation au niveau psychométrique (échelles d'intelligence de Wechsler WPPSI-R, WISC-III, etc.) entre quotient intellectuel verbal (QIV) et quotient intellectuel de performance (QIP). Seulement quelques auteurs ont méthodologiquement recueilli des preuves scientifiques d'une dissociation psychométrique marquée par un déficit du QIP avec des compétences verbales préservées (QIV), dissociation qui apparaît essentiellement significative aux sous-tests cubes, assemblage d'objets, figures géométriques, carrés (Coleman et coll., 2001 ; Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012). Plus le TDC s'accompagne de comorbidités et moins il existe de différence entre QIV et QIP, les deux quotients tendant eux-mêmes à diminuer (Vaivre-Douret et coll., 2011a et b).

Quant aux troubles perceptifs visuels et neurovisuels dont l'oculomotricité, ils ont été peu évalués systématiquement dans les cohortes d'études sur le TDC. Il apparaît dans l'étude de Vaivre-Douret et coll. (2011a et b) qu'il ne faut pas confondre un trouble perceptif visuo-moteur et un déficit perceptif visuel/visuo-spatial. Ce dernier n'apparaît pas spécifique au TDC mais peut avoir un impact indéniable sur le geste à accomplir. Sur le plan neurovisuel, il apparaît à l'électro-oculographie dans le TDC une déficience des poursuites visuelles horizontales chez l'enfant d'âge scolaire de niveau primaire (Langaas et coll., 1997, Robert et coll., 2014). De plus, les poursuites oculomotrices verticales sont plus particulièrement affectées à 70 % dans les études de

Vaivre-Douret et coll. (2011b) et de Robert et coll. (2014), tout en prenant en compte que la maturation de la poursuite verticale est plus tardive que la poursuite horizontale (Ingster-Moati et coll., 2009). Une étude récente utilisant un *eye-tracker* (Sumner et coll., 2016) confirme que la qualité des poursuites visuelles horizontales ne se différencie pas entre un groupe TDC (critères du DSM-5 et MABC < 16^e percentile) et contrôle, mais ces auteurs suggèrent des difficultés lors de la fixation et plus d'erreurs d'anti-saccades (tâche oculaire pour inhiber des saccades) en faveur du groupe TDC, évoquant un déficit d'inhibition et de maintien de l'attention visuelle. Cependant, les sujets n'ont bénéficié que d'un questionnaire sur les troubles de l'hyperactivité/concentration, il est regrettable qu'aucune épreuve cognitive ne vienne corroborer ce déficit.

Prise en compte simultanée des différentes fonctions

L'hétérogénéité concernant les critères méthodologiques utilisés et les résultats des études met en évidence l'importance de réaliser des évaluations standardisées pluridisciplinaires et normées d'un ensemble de fonctions en jeu dans le TDC pour permettre d'isoler des groupes d'enfants sans comorbidité et de comprendre plus finement la sémiologie du trouble et ses déficiences.

À l'heure actuelle, seules quelques études (Vaivre-Douret et coll., 2011a et b ; Lalanne et coll., 2012) prennent simultanément en compte l'évaluation des fonctions psychologiques, neuropsychomotrices, neuropsychologiques et neurovisuelles (électro-oculographie, EOG ; électro-rétinogramme, ERG ; potentiels évoqués visuels, PEV), permettant une approche et une compréhension plus fine des déficiences et compétences des enfants porteurs d'un TDC avec une méthodologie de critères d'inclusion/exclusion stricts (pas de TDA/H, ni de troubles sensoriels et perceptifs visuels, etc.).

Ces études ont permis de mettre en évidence des variables significativement corrélées entre elles et spécifiquement déficitaires ($p < 0,05$) chez les enfants porteurs d'un TDC discriminant trois groupes cliniques à l'aide d'analyses statistiques multivariées. Un groupe TDC idéomoteur pur affecté à la fois au niveau des praxies digitales, des gnosopraxies (imitation de gestes des mains et doigts) et des gnoses digitales avec un marqueur développemental important dans ce groupe qui est la non-acquisition du quatre pattes pour 65 % des enfants et souvent la présence d'une hypotonie de fond. Un groupe TDC visuo-spatial et/ou visuo-constructif pur, déficitaire au niveau de l'intégration visuo-motrice, de la structuration visuo-spatiale motrice et au niveau

visuo-constructif ce qui se traduit notamment dans des activités ludiques LEGO® ou puzzles comme au niveau de l'habillage au quotidien. Un groupe TDC mixte associant ces mêmes déficiences (idéomotrices et visuo-spatiales-visuo-constructives) à des troubles spécifiques touchant la coordination motrice globale entre membres supérieurs et inférieurs, la coordination bimanuelle, la dextérité manuelle, la présence de syncinésies et de dysdiado-cocinésies, et une certaine comorbidité telle qu'un trouble de l'attention visuo-spatiale ou un trouble dysexécutif de planification mentale, voire un trouble de la commande motrice (sur l'hémicorps gauche ou bilatéral) découvert pour 35 % des patients tout-venant (spasticité distale discrète). Aussi, les investigations cliniques ont été assez exhaustives dans ces études, permettant de mettre en évidence un certain nombre de fonctions dont l'altération n'apparaît pas comme étant propre au TDC, telles que la coordination globale, la latéralité, les fonctions exécutives de planification, l'attention auditive, la perception visuelle et gnosique, la vision (réfraction), la mémoire auditivo-verbale immédiate, de travail, et kinesthésique.

Tableau 13.1 : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Hill et Bishop, 1998	7-11 ans, droitiers TAC-TDC (n = 12) TSL (n = 20) GT : apparié en âge (n = 26) GT : 5-6 ans (n = 17)	MABC ≤ 15 ^e percentile QI non verbal > 80 aux matrices de Raven NS > 80 au CELF-R Critères d'exclusion : atteinte neurologique	Préférence manuelle (tâche d'atteinte d'objets)	Faiblesse de la préférence manuelle chez TAC-TDC et TSL : atteinte avec main droite quand objet à droite et tendance atteinte avec main gauche quand objet à gauche
Hill et coll., 1998	7-13 ans TAC-TDC (n = 11) TSL (n = 19) GT : apparié en âge (n = 25) GT : 5-6 ans (n = 17)	MABC ≤ 15 ^e percentile QI non verbal > 80 aux matrices de Raven NS > 80 au CELF-R Critères d'exclusion : atteinte neurologique	Production de gestes transistifs et intrastifs sur commande verbale et imitation	TAC-TDC et TSL : même type d'erreurs (partie du corps comme objet, configuration externe) Plus d'erreurs quand imitation Gestes correctement conceptualisés mais erreurs dans le séquençage du mouvement
Coleman et coll., 2001	4-5 ans À risque de développer un TAC-TDC (n = 31)	MABC ≤ 15 ^e percentile Questionnaire développemental aux parents Critères d'exclusion : déficience intellectuelle, atteinte neurologique et/ou physique	Habiletés motrices Perception kinesthésique (<i>Kinaesthetic Acuity Test</i> , KAT) QI (WPPSI-R)	Déficit QI perceptif (QIP) : cubes, assemblages d'objets, figures géométriques Scores plus faibles au KAT Difficulté d'intégration transmodale entre les systèmes kinesthésiques et visuels (le KAT fait intervenir la vision)
Woodruff et coll., 2002	6-7 ans TAC-TDC (n = 7)	Avis enseignants MABC ≤ 15 ^e percentile Questionnaire MABC Questionnaire santé/activité Critères d'exclusion : non spécifiés	Variables spatio-temporelles de la marche (analyse du mouvement)	Est relevée plus de variabilité du modèle de marche dans le TAC-TDC
Rosenbium et coll., 2008	7-10 ans TAC-TDC (n = 20) GT (n = 20)	Diagnostic effectué par le pédiatre DSM-IV MABC ≤ 15 ^e percentile <i>Children Activity Scale for Parents</i> (ChAS-P) Critères d'exclusion : trouble neurologique ou émotionnel connu, TSA, déficit physique, trouble visuel ou auditif	Lisibilité écriture (<i>Hebrew Handwriting Evaluation</i> , HHE) 3 variables spatio-temporelles de l'écriture : lettres effacées et/ou écrasées ; lettres méconnaissables ; disposition spatiale du texte (écriture prénom, alphabet de mémoire, copie d'un paragraphe sur tablette graphique / ComPET)	Variable la plus discriminante : nombre de lettres effacées et/ou écrasées Intérêt d'associer les mesures du produit (test papier-crayon) et du processus (variables spatio-temporelles avec tablette graphique)

Tableau 13.1 (suite) : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Jolly et coll., 2010	TAC-TDC : CP (n = 1) TD : grande section de maternelle (n = 55) TD : CP (n = 60)	Diagnostic préalablement établi DSM-IV Pas de détails supplémentaires Critères d'exclusion : non significés	Lisibilité de l'écriture (BHK) Variables spatio-temporelles (copie de 6 lettres cursives entre deux lignes puis dictée des 6 mêmes lettres 8 semaines plus tard ; sur tablette graphique)	Cas clinique : score de dégradation au BHK < +2 ET et score de vitesse au BHK < 1 ET Lettres de moins bonne qualité et moins fluide que les enfants de CP La tâche de dictée, qui demande une représentation mentale, entraîne une plus faible qualité et fluidité de l'écriture chez l'enfant TAC-TDC
Kirby et coll., 2010	9-11 ans TAC-TDC (n = 11, dont 3 TDA/H) GT (n = 28)	Diagnostic préalablement établi DSM-IV MABC \leq 5 ^e percentile DCDQ1 Critères d'exclusion : trouble développemental, trouble des apprentissages sévère, déficience intellectuelle	Planification du mouvement (tâche expérimentale de traversée d'une rivière) Inattention, hyperactivité, impulsivité (SNAP-IV)	Difficultés de planification, d'exécution et de correction du mouvement et comportements inconsistants Score d'inattention élevé (73 % d'entre eux) Score d'hyperactivité élevé (27 % d'entre eux)
Shani et coll., 2011	9-11 ans TAC-TDC repéré à l'école (retard développemental) (n = 26) TAC-TDC clinique (pathologie) (n = 19) GT : apparié en âge (n = 24) GT : 5-6 ans (n = 23) GT : 4-5 ans (n = 26)	Questionnaire MABC MABC \leq 15 ^e percentile DSM-IV-TR Critères d'exclusion : troubles neuromoteurs et/ou médicaux, troubles des apprentissages, TSA, trouble de langage, TDA/H	Reproduction de gestes transitsifs et intrantsifs présentés selon différentes modalités (mime, imitation réciproque, commande verbale sans démonstration, reconnaissance tactile et imitation, utilisation d'objets)	Capacité réduite à reproduire des gestes familiers, dépendant du type de geste et de la modalité de présentation.

Tableau 13.I (suite) : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Vaivre-Douret et coll., 2011a et 2011b	5-15 ans TAC-TDC (n = 43)	DSM-IV-TR NP-MOT EMG (gnosopraxies) QI WPPSI, WISC-III Questionnaire anamnétique, médical et scolaire Critères d'exclusion : TDA/H, troubles du langage, psychopathologie, trouble neurologique ou sensoriel avéré, trouble perceptif visuel, médication ou rééducation, prématurité (< 37 SA)	Psychométrie (QI) Fonctions neuro-psychomotrices ; batterie NP-MOT normée (tonus, neuromotricité, réflexes latéralité, motricité dynamique et statique, praxies unilat séquentielles, bilatérales, praxies transitives, gnosies digitales, dextérité, intégration spatiale corps, rythme, attention auditive soutenue et sélective, gnosopraxies imitation de gestes) Fonctions neuropsychologiques Fonctions motrices visuo-spatiale (Rey) et visuo-constructive (khos), intégration visuo-motrice (VMI), mémoire auditivo-verbale et MT, kinesthésique, fonctions exécutives planification (laby+ tour de Londres), attention visuo-spatiale (barrage horizontal de O), langage Neel, Odedys, écriture (Ajuriaguerra), perceptions visuelles (Frostig, lignes enchevêtrées, et fruits enchevêtrés) Fonctions neurovisuelles Poursuites visuelles, ERG, PEV Structures anatomiques (IRM)	3 groupes cliniques : TAC idéomoteur pur (IM) au niveau des praxies digitales, des gnosopraxies et des gnosies digitales ; TAC visuo-spatial et/ou visuo-constructif pur (VSC) au niveau de l'intégration visuo-motrice, la structuration visuo-spatiale motrice et le visuo-spatial constructif moteur ; TAC mixte (MX) : IM + VSC + troubles spécifiques + comorbidités QIV > QIP (moins dissocié dans TAC MX) Trouble pyramidal (35 %) Trouble de l'écriture (88 %) dont dysgraphie (19 %) Trouble de l'habillage (73 %) Absence de corrélation IRM et TAC-TDC Échecs WPPSI-R : figures géométriques (70 %), assemblage d'objets (70 %), complément d'images (50 %), carrés (70 %), arithmétique (80 %) Échecs WISC-III : cubes (73 %), assemblage d'objets (70 %), codes (63 %), arithmétique (50 %)

Tableau 13.1 (suite) : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Lalanne et coll., 2012	5-15 ans TAC-TDC (n = 63)	DSM-IV-TR NP-MOT EMG (gnosopraxies) QI WPPSI, WISC-III Questionnaire anamnétique, médical et scolaire Critères d'exclusion : TDA/H, troubles du langage, psychopathologie, trouble neurologique ou sensoriel avéré, trouble perceptif visuel, médication ou rééducation, prématurité (< 37 SA)	Psychométrie (QI) Fonctions neuro-psychomotrices Fonctions neuropsychologiques Fonctions neurovisuelles Structures anatomiques (IRM)	Marqueurs les plus discriminants pour expliquer la spécificité des trois groupes cliniques de TAC-TDC : praxies digitales, imitation de gestes, perception digitale, intégration visuo-motrice, dextérité manuelle, structuration visuo-spatiale, coordination entre membres supérieurs et inférieurs, blocs de LEGO® Le taux de prédiction (modèles multivariés) calculé sur l'échantillon de test était largement acceptable : 100 % pour la méthode RF et 94 % (IC à 95 %, 0,713-0,999) pour la méthode PLS
Morisson et coll., 2013	7-8 ans TAC-TDC (n = 14)	Pas d'information concernant le diagnostic de TAC-TDC Critères d'exclusion : problème médical pouvant affecter la marche	Posture du pied (indice de posture du pied) Hypermobilité du membre inférieur Caractéristiques spatio-temporelles de la démarche	Les orthèses plantaires ont un effet bénéfique chez les enfants porteurs d'un TAC-TDC en leur permettant de diminuer la cadence de marche et d'augmenter la double durée du soutien
Prunty et coll., 2013	8-14 ans TAC-TDC (n = 28) GT (n = 28)	MABC ≤ 10 ^e percentile Anamnèse DSM-IV Critères d'exclusion : déficience physique, sensorielle ou neurologique, prématurité (< 39 SG), TDA/H (mais 7 enfants ayant un score d'hyperactivité élevé au SDQ)	Pour comprendre la lenteur d'écriture dans le TAC-TDC : – vocabulaire (BPVS-2) – comportement (SDQ) – lecture, orthographe (BAS-II) – Detailed Assessment of Speed of Handwriting (DASH) – Analyse temporelle par tablette graphique	La lenteur d'écriture dans le TAC-TDC est due à des temps de pauses plus élevés
Rosenblum et coll., 2013	11-12 ans TAC-TDC (n = 29) GT (n = 29)	Diagnostic préalable par un ergothérapeute expert et un pédiatre DSM-IV MABC ≤ 5 ^e percentile Critères d'exclusion : troubles émotionnels connus, TSA, déficience physique ou neurologique, trouble visuel ou auditif	Lisibilité de l'écriture : questionnaire à l'enseignant HPSQ + Hebrew Handwriting Evaluation (HHE) Caractéristiques spatio-temporelles de l'écriture avec tablette graphique	Plus de temps de pauses sur papier et en l'air pendant la copie Moins bonne lisibilité de l'écriture, plus de lettres méconnaissables et moins bonne disposition spatiale

Tableau 13.I (suite) : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Toussaint et coll., 2013	8-12 ans TAC-TDC (n = 13) dont 2 TDA/H (1 sous médication) GT : apparié en sexe, âge et niveau scolaire (n = 13)	25 critères diagnostics de la dyspraxie (non décrits dans l'article) proposés par Gérard et Dugas (1991) ^a Critères d'exclusion : trouble dyslexique important ne permettant pas la lecture de la recette de cuisine proposée dans le protocole. QIV ou ICV < 70	Flexibilité mentale (<i>Trail Making Test</i>) Planification (tour de la Nepsy) Planification et recherche de mots dans la mémoire à long terme (fluence verbale de la Nepsy) Attention, flexibilité et inhibition (attention auditive et réponses associées Nepsy) ; Inhibition et impulsivité (appariement d'images) Planification, organisation des tâches (test des six parties BADS-C) Mémoire prospective (<i>Rivermead Behavioral Memory Test</i>) Mémoire de travail, planification, comportement (BRIEF parents ; <i>Dysexecutive Questionnaire for Children, DEX-C</i>) Gestion de situations multitâches (tâche de cuisine écologique)	Résultats des tests neuropsychologiques : trouble de la planification, trouble de l'inhibition, pas de trouble de la flexibilité Résultats des questionnaires : trouble des fonctions exécutives chez plus de la moitié des enfants Tâche de cuisine : + d'erreurs ; les troubles des fonctions exécutives sont mieux objectivés par la tâche écologique que par les tests Les enfants dyspraxiques ne sont pas touchés qu'au niveau de la planification motrice mais également concernant les fonctions exécutives
Bo et coll., 2014	7-12 ans TAC-TDC probable (n = 12) GT (n = 7)	1 seul critère : MABC-2 < 15 ^e percentile Critères d'exclusion : non spécifiés	Intégration visuo-motrice, visuo-perception et coordination motrice (3 tâches du VMI) Qualité et vitesse d'écriture (<i>Minnessota Handwriting Assessment, MHA</i>) Consistance spatio-temporelle de l'écriture (tablette graphique)	Faibles scores au VMI et au MHA Variabilité temporelle de l'écriture Le score à l'épreuve des trajets du MABC-2 concorde avec la variabilité temporelle repérée par la tablette graphique

Tableau 13.1 (suite) : Déficiences neuro-psychomotrices et neuropsychologiques (population d'enfants)

Référence	Population	Constitution du groupe TAC-TDC	Fonction(s) évaluée(s)	Conclusion concernant le TAC-TDC
Cox et coll., 2015	6-12 ans TAC-TDC (n = 20) GT (n = 17)	MABC-2 \leq 15 ^e percentile DSM-5 Critères d'exclusion : non spécifiés	Vitesse et précision de l'écriture (<i>Evaluation Tool of Children's Handwriting</i> , ETOH) Perception spatiale tactile (<i>Single Point Localisation</i> , SPL) Discrimination tactile (<i>Two-point discrimination</i> , 2PD) ; Perception haptique (stéréognosies) Vitesse dans des tâches manuelles quotidiennes simples (JTTHF) Enregistrement tactile (<i>Semmes Weinstein Monofilaments</i> , SWM)	Le déficit de la fonction tactile est significativement corrélé au niveau d'écriture Le déficit des performances motrices du membre supérieur est prédit par le degré de déficit de perception spatiale tactile et de perception haptique

GT : groupe témoin ; MT : mémoire de travail ; NS : non significatif ; TAC : trouble de l'apprentissage de la coordination (appellation antérieure de TDC) ; TSA : troubles du spectre de l'autisme ; TSL : trouble spécifique du langage.
a Gérard et Dugas (2011) mettent en évidence trois types de dyspraxie. Type I (36 % des cas) : troubles praxiques et difficultés d'expression verbale. Type II (36 %) : perturbation des praxies constructives et éléments spatiaux de la dysgraphie. Type III (23 %) : association des difficultés motrices avec un trouble de l'attention et une impulsivité (Albaret, 1999).

RÉFÉRENCES

- American Psychiatric Association (APA). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). Arlington, VA : American Psychiatric Publishing, 2013.
- Bo J, Colbert A, Lee CM, *et al.* Examining the relationship between motor assessments and handwriting consistency in children with and without probable developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 2035-43.
- Boudia B. Évaluation neuropsychologique de l'enfant dyspraxique : intérêts des données issues de la psychométrie : la dyspraxie. *ANAE* 2011 ; 23 : 39-41.
- Coleman R, Piek JP, Livesey DJ. A longitudinal study of motor ability and kinaesthetic acuity in young children at risk of developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 95-110.
- Cox LE, Harris EC, Auld MI, *et al.* Impact of tactile function on upper limb motor function in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2015 ; 45-46 : 373-83.
- Gérard C, Dugas M. Dyspraxie de développement : proposition de typologie. À propos de 51 cas. *Ann Réadapt Méd Phys* 1991 ; 34 : 325-32.
- Goodman R. The strengths and difficulties questionnaire: a research note. *J Child Psychol Psychiatry* 1997 ; 38 : 581-6.
- Henderson SE, Sugden DA, Barnett A. *Movement assessment battery for children* (MABC). London, UK : The Psychological Corporation, 1992. Adaptation française par Soppelsa R et Albaret JM. *Manuel de la batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant*. Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée (ECPA), 2004.
- Henderson SE, Sugden DA, Barnett A. *Movement assessment battery for children* (2nd ed.). *Movement ABC-2 : Examiner's manual*. London : Harcourt Assessment, 2007. Adaptation française par Marquet-Doléac J, Soppelsa R et Albaret JM. *Mouvement ABC. Batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant* (2^e ed). Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée (ECPA)-Pearson, 2016.
- Hill EL, Bishop DVM. A reaching test reveals weak hand preference in specific language impairment and developmental coordination disorder. *Laterality* 1998 ; 3 : 295-310.
- Hill EL, Bishop DVM, Nimmo-Smith I. Representational gestures in developmental coordination disorder and specific language impairment: error-types and the reliability of ratings. *Hum Mov Sci* 1998 ; 17 : 655-78.
- Ingster-Moati I, Vaivre-Douret L, Bui Quoc EB, *et al.* Vertical and horizontal smooth pursuit eye movements in children: a neurodevelopmental study. *Eur J Paediatr Neurol* 2009 ; 13 : 362-6.
- Jolly C, Huron C, Albaret JM, *et al.* Analyse comparative des tracés de lettres cursives d'une enfant atteinte d'un trouble d'acquisition de la coordination et scolarisée en CP avec ceux d'enfants ordinaires de GSM et de CP. *Psychologie Française* 2010 ; 55 : 145-70.

- Kirby A, Sugden D, Edwards L. Developmental coordination disorder (DCD): more than just a movement difficulty. *J Res Special Ed Needs* 2010 ; 10 : 206-15.
- Lalanne C, Falissard B, Golse B, *et al.* Refining developmental coordination disorder subtyping with multivariate statistical methods. *BMC Med Res Methodol* 2012 ; 12 : 1-14.
- Langaas T, Mon-Williams M, Wann JP, *et al.* Eye movements, prematurity and developmental coordination disorder. *Vision Res* 1997 ; 38 : 1817-26.
- Lopez C, Hemimou C, Dutruel A, *et al.* L'organisation développementale du geste graphomoteur chez l'enfant : résultats préliminaires. *Neurophysiol Clin* 2016 ; 46 : 268.
- Lopez C, Hemimou C, Vaivre-Douret L. Nature des troubles de l'écriture chez des enfants porteurs d'un trouble de l'acquisition de la coordination (TAC). In : *Entretiens de Bichat. Les Entretiens de Psychomotricité*. Paris, France : Expansion scientifique française, 2016b : 29-35.
- Mazeau M. *Déficits visuo-spatiaux et dyspraxies de l'enfant : du trouble à la rééducation*. Paris, France : Masson, 1995.
- Morrison SC, Ferrari J, Smillie S. Assessment of gait characteristics and orthotic management in children with developmental coordination disorder: preliminary findings to inform multidisciplinary care. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 3197-201.
- O'Hare L, Khalid S. The association of abnormal cerebellar function in children with developmental coordination disorder and reading difficulties. *Dyslexia* 2002 ; 8 : 234-48.
- Prunty MM, Barnett AI, Wilmut K, *et al.* Handwriting speed in children with developmental coordination disorder: are they really slower? *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 2927-36.
- Robert MP, Ingster-Moati I, Albulsson E, *et al.* Vertical and horizontal smooth pursuit eye movements in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2014 ; 56 : 595-600.
- Rosenblum S, Livneh-Zirinski M. Handwriting process and product characteristics of children diagnosed with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 200-14.
- Rosenblum S, Margieh JA, Engel-Yeger B. Handwriting features of children with developmental coordination disorder: results of triangular evaluation. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 4134-41.
- Sinani C, Sugden DA, Hill EL. Gesture production in school vs. clinical samples of children with developmental coordination disorder (DCD) and typically developing children. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1270-82.
- Sumner E, Hutton SB, Kuhn G, *et al.* Oculomotor atypicalities in developmental coordination disorder. *Dev Sci* 2016 ; 21. doi: 10.1111/desc.12501.
- Toussaint-Thorin M, Marchal F, Benkhaled O, *et al.* Executive functions of children with developmental dyspraxia: assessment combining neuropsychological and ecological tests. *Ann Phys Rehabil Med* 2013 ; 56 : 268-87.

Vaivre-Douret L. *Précis théorique et pratique du développement moteur du jeune enfant ; normes et dispersions* (2^e ed). Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée (ECPA)-Elsevier, 2004.

Vaivre-Douret L. Approche des troubles d'apprentissage par le bilan psychomoteur. *ANAE* 2009 ; 21 : 357-63.

Vaivre-Douret L, Lalanne C, Cabrol D, *et al.* Identification de critères diagnostiques des sous-types de troubles de l'acquisition de la coordination (TAC) ou dyspraxie développementale. *Neuropsychiatr Enfance Adolesc* 2011a ; 59 : 443-453.

Vaivre-Douret L, Lalanne C, Golse B. Developmental coordination disorder, an umbrella term for motor impairments in children: nature and co-morbid disorders. *Front Psychol* 2016 ; 7 : 502.

Vaivre-Douret L, Lalanne C, Ingster-Moati I, *et al.* Subtypes of developmental coordination disorder: research on their nature and etiology. *Dev Neuropsychol* 2011b ; 36 : 614-43.

Watter P, Rodger S, Marinac J, *et al.* Multidisciplinary assessment of children with developmental coordination disorder: using the icf framework to inform assessment. *Phys Occup Ther Pediatr* 2008 ; 28 : 331-52.

Woodruff SJ, Bothwell-Myers C, Tingley M, *et al.* Gait pattern classification of children with developmental coordination disorder. *Adapt Phys Activity Q* 2002 ; 19 : 378-91.

14

Principaux outils d'évaluation retrouvés dans la démarche diagnostique

Les outils d'évaluation utilisés dans le cadre d'une démarche diagnostique du TDC basée sur les critères des deux dernières versions du *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders* (DSM-IV et DSM-5) visent principalement à évaluer les déficits de coordination motrice ainsi que l'impact de ces déficits sur les activités et la participation. Ces différentes évaluations peuvent être utilisées non seulement dans le but de poser un diagnostic mais également de mesurer l'évolution suite à une intervention.

La revue de littérature présentée ci-dessous fait état des principaux tests utilisés pour la démarche diagnostique et retrouvés dans la recherche. Tous ne sont pas traduits en français mais nous avons décidé de les décrire afin d'offrir un panorama de ces outils et de leurs principales caractéristiques et de favoriser la compréhension des résultats des études présentées dans l'ensemble du rapport. Ce chapitre suivra tout d'abord la logique des critères du DSM en présentant les tests portant sur la coordination motrice, puis les outils d'évaluation de l'écriture manuscrite entendue à la fois comme de la motricité fine ainsi que comme une activité pour explorer ensuite les questionnaires portant sur les activités et la participation et enfin ceux sur la qualité de vie. Dans le cadre du diagnostic étiologique, dont l'objectif est notamment de déterminer la nature cognitive du trouble, ou d'apporter des éléments complémentaires pour mieux le comprendre, de nombreux autres tests d'évaluation des fonctions cognitives peuvent être utilisés. Ceux-ci sont exhaustifs et administrés au cas par cas, leur diversité ne pourra donc pas être décrite ici. Le choix a toutefois été fait de présenter les principaux tests visant à évaluer la perception visuelle car la littérature apporte encore peu de réponses sur la population atteinte de ces troubles avec troubles de la coordination motrice.

Les tests de la motricité

Nous avons identifié deux catégories de test évaluant la motricité (Ulrich, 1985).

Premièrement, les tests évaluant principalement le développement neuromoteur qui portent non seulement sur la performance motrice mais également sur des indicateurs d'un développement neurologique dans la norme en fonction de l'âge. Comme par exemple la présence de mouvements involontaires (syncinésies) qui, s'ils persistent alors qu'ils auraient dû disparaître, sont une manifestation de signes neurologiques mineurs, indiquant une déviation par rapport à la norme. Relevons également l'évaluation des réflexes pour identifier un éventuel dysfonctionnement neurologique. Plusieurs tests font partie de cette première catégorie : le NP-MOT (Vaivre-Douret, 2006), le *Zurich Neuromotor Assessment* (ZNA ; Largo et coll., 2007), le *Peabody Developmental Motor Scale* (PDMS-2 ; Folio et Fewell, 2000) et le *Bayley-III* (Bayley, 2006) pour la partie motrice.

Deuxièmement, les tests mesurant principalement la coordination motrice qui explorent uniquement la performance motrice comme la vitesse de réalisation, le nombre de pions ou de sauts. Dans cette catégorie, nous avons identifié : la MABC (Henderson et Sugden, 1992) ou MABC-2 (Henderson et coll., 2007) adaptée en France respectivement par Soppelsa et Albaret (2004) pour la MABC et par Marquet-Doléac et coll. (2016) pour la MABC-2 ; le *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency* (BOTMP ; Bruininks, 1978 ou BOTPMP-2 ; Bruininks et Bruininks, 2005), le *Test of Gross Motor Development* (TGMD-2) (Ulrich, 1985 ; Ulrich, 2000), adapté en France par Soppelsa et Albaret (2018) ainsi que le *McCarron Assessment of Neuromuscular Development* (MAND ; McCarron, 1982).

La plupart des tests signalent le score seuil et le percentile pouvant indiquer un TDC. De manière générale, un score au 15^e percentile est moins sévère qu'un score au 5^e percentile. Le score seuil varie en fonction des tests et il est précisé dans le manuel du test. Il est en général mentionné dans les études scientifiques.

Lorsque cela était possible, nous rapportons les mesures concernant la fidélité et la validité des différents tests. La fidélité d'un test « détermine le degré de confiance que l'on peut accorder à la généralisation d'un résultat donné aux résultats qui seraient obtenus à d'autres moments, avec d'autres items, ou encore par d'autres examinateurs » (Reuchlin, 1991). Elle est généralement répartie en deux groupes. Le premier concerne la stabilité des résultats (test-retest, utilisation de formes alternatives, inter-examinateurs ou

inter-juges, intra-juge). Le deuxième concerne la consistance interne ou l'homogénéité (le test mesure-t-il le même construit dans ses différentes parties ?). Les études de validité permettent de vérifier que l'outil utilisé mesure bien ce qu'il est censé mesurer. Trois validités sont distinguées : contenu, critère (prédictive, concurrente), construit (nomologique, convergente, discriminante).

Description des tests neuromoteurs (tableau 14.1)

Le NP-MOT (Vaivre-Douret, 2006) est une batterie de tests standardisés avec des normes développementales, concernant les enfants âgés de 4 ans jusqu'à 8 ans 6 mois. Elle permet de repérer les atteintes des voies neuromotrices extrapyramidales, cérébelleuses et pyramidales. Elle sert à évaluer l'équilibre statique et dynamique, l'habileté manuelle, les praxies manuelles (unimanuelle et bimanuelle), l'intégration de l'orientation spatiale du corps, lesgnosies digitales et l'attention auditive soutenue. Cette batterie de tests inclut également une évaluation de la latéralité, du tonus des membres et axe du corps, des réflexes et syncinésies, ainsi que du rythme. Les épreuves sont identiques quel que soit l'âge de l'enfant, mettant en valeur l'aspect développemental. Les items sont évalués de manière quantitative et qualitative. Aucun score global n'est calculé pour l'ensemble de la batterie mais des moyennes et des écart-types sont donnés pour chaque item ou pour chaque domaine d'évaluation. Un score inférieur à un écart-type indique un trouble discret et en-dessous de deux écart-types, un déficit de l'item ou du domaine évalué. La batterie indique par ailleurs finement le score obtenu avec une note standard (de 0 à 5), permettant de situer plus précisément le résultat de l'enfant dans son groupe d'âge.

Cet outil présente une bonne fidélité test/retest (0,70 à 0,96) et inter-examineurs (0,76 à 0,98) (Vaivre-Douret, 2006). La validité convergente a été analysée en corrélant l'échelle de développement moteur de Lincoln-Oseretsky (Rogé, 1984) et les items de coordination des membres supérieurs, de coordination bilatérale et d'équilibre ($r = 0,72$ à $0,84$; Vaivre-Douret, 2006)

Le *Peabody Developmental Motor Scale* (PDMS-2 ; Folio et Fewell, 2000) a pour buts d'évaluer les compétences motrices de l'enfant, de comparer la motricité fine et la motricité globale et d'apprécier les progrès de l'enfant. Il est destiné aux enfants de 0 à 5 ans. Il mesure également les réflexes pour les enfants de 0 à 11 mois. Les items sont évalués de manière quantitative et qualitative sur une échelle à trois positions, soit de 0 à 2. Le PDMS-2 présente une bonne consistance interne (0,89 à 0,96) et une bonne fidélité

Tableau 14.1 : Description des tests neuromoteurs

Test	Âge	Sous-tests	Épreuves	Critères d'évaluation	Transformation des scores bruts
DF-MOT	0-4 ans	Posturo-moteur et locomoteur	66 items longitudinaux	Niveau moteur fonctionnel	Moyenne et écart-type Quotient développement
		Préhension-coordination visuo-manuelle	62 items longitudinaux	Niveau moteur fonctionnel	Moyenne et écart-type Quotient développement
NP-MOT	4-8 ans et 6 mois Étalonnage jusqu'à 12 ans en cours	Mensurations (périmètre crânien, taille, poids) Signes physiques et déformations	Tête, vision, membres, axe	Mesures Observations	Moyenne et écart-type Observations
		Tonus de fond (ballant et extensibilité des membres, axe)	Ballant poignets et pieds Extensibilité épaules, poignets, poplites, adducteurs, talon-oreille, flexion dorsale du pied, tronc	Amplitude (degré) Résistance Spasticité	En note standard Moyenne et écart-type
		Tonus d'action (syncinésies)	Prono-supination unimanuelle (diadococinésies) Ouverture-fermeture des deux mains Ouverture-fermeture de la bouche	Syncinésies homolatérales, controlatérales et bucco-faciales	En note standard Moyenne et écart-type
		Tonus de soutien	4 poussées en position assise	Résistance à la poussée	En note standard Moyenne et écart-type
		Tonus d'attitude	Poussée faible debout pieds joints	Contraction du jambier antérieur	En note standard Moyenne et écart-type
		Réflexes rotuliens	Membre inférieur droit et gauche	Amplitude	En note standard Moyenne et écart-type
		Latéralité tonique	Issue des épreuves du tonus	Qualitatif	En note standard Moyenne et écart-type

Tableau 14.I (suite) : Description des tests neuromoteurs

Test	Âge	Sous-tests	Épreuves	Critères d'évaluation	Transformation des scores bruts
		Latéralité fonctionnelle	Latéralités manuelles : gestuelle spontanée, usuelle, psychosociale /mimes) Usuelle pédestre, œil directeur	Qualitatif	Moyenne et écart-type
		Motricité globale	Équilibres dynamiques Équilibre statique	Qualitatif et quantitatif	En note standard Moyenne et écart-type
		Praxies manuelles	Prono-supinations bimanuelles (symétriques et asymétriques), opposition pouce-index, pouce aux doigts, représentation de mimes Imitation de gestes mains et doigts (gnosopaxies-EMG)	Qualité du mouvement et durée	En note standard Moyenne et écart-type
		Autres praxies	Bucculo-linguo-faciales Habillage	Exécution du mouvement	Qualitatif
		Gnosies tactiles	Digitales (montrer le doigt touché, mains droite et gauche)	Nombre de réussites Main droite/main gauche	En note standard Moyenne et écart-type
		Habiletés manuelles	Épreuve de jetons/main droite et main gauche	Performance de vitesse main D/G	En note standard Moyenne et écart-type
		Orientation spatiale	Sur soi (désignation et sur ordre) Sur autrui (sur ordre et imitation) Par rapport aux objets (2 et 3 objets) Par rapport à un plan	Nombre de réussites et vitesse de réalisation	En note standard Moyenne et écart-type
		Rythme	Tempo spontané Auditivo-kineshésique (imitation mouvements alternés mains, pied et main-pied) Auditivo-perceptivo-moteur (adaptations rythmes frappés-marchés)	Qualité de la frappe et durée Nombre de réussites Réussites et temps de synchronisation	En note standard Moyenne et écart-type
		Attention auditive soutenue	Épreuve de frappes <i>go-no go</i>	Nombre de réussites et vitesse de réalisation	En note standard Moyenne et écart-type

Tableau 14.I (suite) : Description des tests neuromoteurs

Test	Âge	Sous-tests	Épreuves	Critères d'évaluation	Transformation des scores bruts
ZNA	3-18 ans	Compétences motrices pures	Mouvements alternés des pieds, mains et doigts	Vitesse de réalisation	Score standardisé (z score)
		Motricité fine	Épreuve de pions et échiquier	Vitesse de réalisation	Score standardisé (z score)
		Équilibre dynamique	Sauts en avant et latéraux	Vitesse de réalisation	Score standardisé (z score)
		Équilibre statique	Debout sur une jambe		Score standardisé (z score)
		Mouvements associés controlatéraux		Fréquence et amplitude	Score standardisé (z score)
PDMS-2	0-5 ans	Motricité globale	Réflexe (0-11 mois)	Qualitatif et quantitatif	Quotient, percentile
			Équilibre statique (30 items)		
			Locomotion (89 items)		
Bayley-III	1 à 42 mois	Motricité fine	Maîtrise de balles (12 mois et plus, 24 items)		
			Préhension (26 items) et Intégration visuo-motrice (72 items)		Quotient, percentile
					Quotient de développement moteur
			Préhension, intégration perceptivo-motrice, planification motrice, poursuite visuelle, atteinte et préhension de l'objet, manipulation, capacités de la main et réponse à des informations tactiles	Échoué/réussi	Score composite et percentile
			Mouvements du tronc et des membres, locomotion et coordination, équilibre, planification motrice		

test-retest (0,82 à 0,96) et inter-examineurs (0,96 à 0,99). Chien et Bond (2009) ont analysé les propriétés de mesure pour les épreuves de motricité fine. Dans la perspective d'une éventuelle révision de l'outil, ils proposent de modifier le type de cotation des items, actuellement en 3 points, pour le rendre dichotomique et donc améliorer la sensibilité/spécificité (réduire les faux positifs). De plus, ils suggèrent de supprimer 13 items afin d'améliorer la validité de contenu. Ils ont également observé un effet de seuil pour les enfants tout-venant.

Le *Zurich Neuromotor Assessment* (ZNA ; Largo et coll., 2002) est un test standardisé suisse destiné aux enfants de 3 à 18 ans. Il comprend l'évaluation des compétences motrices pures (PM), de la motricité fine adaptatives (FM), les équilibres dynamiques (DB) et statiques (SB), et les mouvements associés controlatéraux (CAM). Les mouvements associés controlatéraux correspondent à des observations qualitatives du mouvement, relevées lors de certaines activités motrices chronométrées (par exemple, épreuve de diadococinésies) (Largo et coll., 2002 ; Kakebeeke et coll., 2014 et 2016). Les scores incluent une évaluation quantitative et qualitative. Aucun score seuil n'est précisé pour le TDC, toutefois un z-score inférieur à -2 indiquerait un trouble du développement de la motricité. Pour les épreuves chronométrées, la fidélité inter-examineurs est de 0,90 et la fidélité test-retest de 0,65 ; pour les épreuves mesurées qualitativement, elle est de 0,70 pour la fidélité inter-examineurs et de 0,45 pour la fidélité test-retest (Rousson et coll., 2008).

Le *Bayley-III* est un test américain qui évalue le développement moteur, cognitif, langagier, socio-émotionnel et du comportement adaptatif de 1 à 42 mois. Nous décrivons uniquement dans le tableau 14.I les items de motricité. La consistance interne est de 0,86 et la fidélité test-retest de 0,67 (Bayley, 2006). Le *Bayley-II* aurait tendance à sous-estimer le niveau de développement des enfants et, par conséquent, il présenterait une faible sensibilité. En effet, un score de 85 semble plus indiqué pour identifier des difficultés de motricité car un score à 70 offre une faible sensibilité, c'est-à-dire qu'il n'identifie pas les enfants qui présenteraient des difficultés de coordination motrice (Anderson et Burnett, 2017). La nouvelle version de ce test est en cours d'étalonnage aux États-Unis.

Le *DF-MOT* (Vaivre-Douret, 2004) est une échelle française standardisée du développement moteur et normée de 0 à 4 ans (présentant les moyennes et écart-types), concernant d'une part l'évaluation de la coordination posturo-motrice et d'autre part la préhension-coordination visuo-manuelle. Elle respecte la chronologie des acquisitions transitoires (retournements, pivotement, quadrupède, etc.) par rapport aux grandes étapes du

développement (maintien de la tête, station assise, marche, etc.) (Vaivre-Douret, 2003). Peuvent être calculés un quotient de développement ou le niveau fonctionnel acquis sur chaque domaine moteur global ou motricité fine, ainsi que la valeur de l'écart-type à la norme. Le coefficient de corrélation inter-examineurs pour des enfants âgés de 8, 18 et 24 mois sont respectivement 0,86, 0,88 et 0,91. Au niveau de la validité de contenu, la comparaison des moyennes entre les groupes d'âges souligne une évolution significative ($p < 0,05$). En ce qui concerne la validité de construction, les corrélations avec l'échelle de développement psychomoteur de la première enfance du Brunet-Lézine révisée de 1 à 30 mois (Brunet et Lézine, 2001) concernant les items posturaux et de coordinations fines, sont respectivement de 0,72 et 0,77 entre 0 et 18 mois et de 0,83 et 0,92 entre 19 et 30 mois. Le DF-MOT présente une bonne sensibilité dans le dépistage des déviations de la norme en fonction de l'âge (Philippe et coll., 2008 ; Busiah et coll., 2013).

Validité convergente des tests neuromoteurs (tableaux 14.II et 14.III)

Les résultats entre le PDMS et le Bayley montrent une bonne convergence pour les enfants dont l'âge est supérieur à 6 mois (Connolly et coll., 2012 ; Tavasoli et coll., 2014).

Si les études portent sur l'analyse de la relation entre le PDMS et la MABC, elles trouvent une corrélation entre les résultats totaux de ces tests allant de 0,63 à 0,66 (tableau 14.III). La corrélation entre les scores de motricité fine oscille entre 0,48 et 0,69, et entre 0,71 et 0,76 pour la motricité globale. Ces résultats sont similaires pour la relation entre le ZNA et la MABC. Ces valeurs sont modérées⁷¹ et mettent en exergue que ces deux tests évaluent des aspects différents de la motricité.

Description des tests de performance motrice (tableau IV)

La MABC (Soppelsa et Albaret, 2004) et la MABC-2 (Marquet-Doléac et coll., 2016) ont été validées en France à partir de la version initialement standardisée sur une population d'enfants américains pour la MABC et du Royaume-Uni pour la MABC-2, n'incluant pas d'enfants avec déficience motrice. Ces batteries sont des outils standardisés, normés de 4 à 12 ans pour le MABC et de 3 à 16 ans pour la MABC-2. La MABC comprend trois

71. La force de relation est faible entre 0 et 0,25, acceptable entre 0,25 et 0,50 ; modérée à bonne entre 0,50 et 0,75 ; et bonne à excellente au-delà de 0,75

Tableau 14.II : Études de validité des tests neuromoteurs

Référence	Nombre d'enfants Lieu de recrutement	Âge Critères d'inclusion	Critères d'exclusion	Objectifs des études Pays	Résultats
Chien et Bond, 2009	419 n = 342 DT n = 77 Clinique	0-6 ans Retard ou troubles de la motricité fine	Mention d'exclusion : cancer et maladies	Validité des normes culturelles du PDMS-2 à Taïwan et validité de contenu	Simplification de la cotation nécessaire, suppression de deux items de préhension et de 8 items d'intégration visuo-motrice pour améliorer la validité de contenu
Connolly et coll., 2012	48 Clinique	29 jours à 26 mois (âge corrigé)	Médication et/ou maladies pouvant influencer la motricité	Déterminer la validité concurrente du PDMS-2 avec le Bayley-III	Forte corrélation entre le score composé du Bayley-III et le quotient total du PDMS-2 pour les catégories d'âge de 6 à 12 mois (0,81), de 12 à 18 mois (0,95) et plus de 18 mois (0,85). Plus faible corrélation pour les 0 à 6 mois (0,69)
Tavasoli et coll., 2014	n = 58 < 37 semaines n = 35 à terme	16-20 mois	Atteintes neurologiques avérées	Déterminer la validité du PDMS-2 Iran et la fidélité test-retest	Bonne fidélité test-retest (0,98), consistance interne de 0,98, bonne capacité à discriminer les enfants à risque et bonne corrélation avec le Bayley-II (0,81)
Anderson et coll., 2017	n = 221 < 1 000 g ou < 28 semaines n = 220 : normal	2 ans	Pas précisé	Capacité du Bayley-III à détecter les enfants présentant un retard de développement	Incapacités motrices des enfants sous-estimées : 16 enfants identifiés avec un retard, soit une proportion plus faible que dans d'autres cohortes de prématurés.

DT : développement typique

Tableau 14.III : Validité de convergence entre les résultats des tests neuromoteurs et des tests de coordination motrice

Référence	Nombre d'enfants Lieu de recrutement	Âge Critères d'inclusion	Critères d'exclusion	Objectifs de l'étude	Résultats
Validité convergente entre MABC et PDMS					
Van Hartingsveldt et coll., 2005	Enfant avec difficultés de motricité fine (n = 18) ; DT (n = 18)	4-5 ans	Troubles neurologiques	Validité convergente entre la <i>Fine Motor Scale</i> du PDMS-FM-2 et le sous-test dextérité manuelle de la MABC	Corrélation MABC et PDMS-2 : $r = 0,69$ ($p < 0,002$)
Van Waelvelde et coll., 2007a	n = 31 Centre clinique	4-5 ans	Troubles neuromoteurs sévères et/ou cognitifs	Validités convergente et discriminante entre la MABC et le PDMS-2	Corrélation de 0,76 pour les scores totaux, de 0,71 pour la motricité globale et de 0,48 pour motricité fine
Hua et coll., 2013	n = 184 École	3-6 ans	Pas précisé	Validité de critère entre PDMS-2 et MABC-2	Corrélation MABC-2 (dextérité) et PDMS-2 (motricité fine) : $r = 0,75$; corrélation MABC-2 (viser et attraper) et PDMS-2 (motricité globale) : $r = 0,74$; corrélation scores totaux MABC-2 et PDMS-2 : $r = 0,63$
Validité convergente entre MABC et ZNA					
Kakebeeke et coll., 2014	n = 51 Centre clinique	5-7 ans	Troubles neurologiques, du comportement, déficience intellectuelle	Comparaison entre le ZNA et la MABC-2	Corrélation entre les scores totaux : 0,66 ; $p = 0,001$ Scores ZNA < scores MABC-2
Kakebeeke et coll., 2016	n = 47 Centre clinique	3-5 ans	Troubles neurologiques, du comportement, déficience intellectuelle	Validité convergente entre le ZNA et la MABC-2	Corrélation entre les scores totaux : 0,77 ; $p = 0,001$; $r = 0,84$ sans les scores des synchronisés

DT : développement typique

items de dextérité manuelle, deux items de maîtrise de balles et trois des critères quantitatifs (vitesse ou nombre d'erreurs/réussites). Des critères d'observations qualitatives sont présents mais ne sont pas inclus dans la cotation. Le test permet de calculer un sous-score pour chacune des trois parties et un score total. Les scores seuils ne sont pas identiques entre la MABC et la MABC-2. En effet, un score indiquant une atteinte légère à modérée se situait entre le 6^e et 15^e percentile à la MABC tandis qu'à la MABC-2, il se situe entre le 6^e et 16^e percentile. Pour les deux versions, un score équivalent ou inférieur au 5^e percentile correspond à une atteinte sévère.

L'analyse porte ici sur les principales études retrouvées dans la littérature internationale sur la MABC et la MABC-2 ainsi que sur 2 revues de littérature.

Résultats d'études sur la MABC et MABC-2

Les études sur la fidélité test-retest ont trouvé des valeurs permettant de confirmer une bonne fidélité test-retest que ce soit pour la MABC ou la MABC-2. Plusieurs études ont inclus des enfants tout-venant tandis que d'autres ont inclus des enfants à risque de TDC ou présentant un TDC. Parmi des enfants sans troubles, Croce et coll. (2001) ont trouvé une bonne fidélité test-retest des différentes tranches d'âge de la MABC tandis qu'Ellinoudis et coll. (2011) ont trouvé une bonne fidélité test-retest pour les items de la tranche d'âge 3 à 6 ans de la MABC-2 (tableau 14.V). Van Waelvelde et coll. (2007a) ont administré la MABC à un groupe d'enfants âgés de 4 ans à 5 ans 11 mois à risque de TDC, et ce, à trois reprises dans un intervalle de trois semaines à chaque fois. Ils ont trouvé une bonne fidélité test-retest à l'exception des items de maîtrise de balles. Parmi des enfants présentant un TDC, ils ont trouvé une bonne fidélité test-retest pour la MABC-2 (tableau 14.V).

La fidélité inter-examineurs est également très bonne comme l'ont montré les études de Chow et coll. (2001) et de Smits-Engesman et coll. (2008) pour la MABC. Pour la MABC-2, elle est très bonne dans l'étude de Hua et coll. (2013). En revanche, Holm et coll. (2013) ont trouvé une fidélité inter-examineurs plus faible pour la MABC-2.

La consistance interne de la MABC-2 est estimée comme très bonne dans l'étude de Wuang et coll. (2012), bonne dans les études de Smits-Engesman et coll. (2011) et de Hua et coll. (2013) et de faible à modérée dans celle de Przystucha et coll. (2013). Ellinoudis et coll. (2011) ont également montré que si chaque item a une corrélation modérée avec le score total, chaque sous-score est, en revanche, fortement corrélé avec le score total. À ce propos,

Tableau 14.IV : Description des tests de coordination motrice

Test	Âge	Sous-tests	Épreuves	Critères d'évaluation	Transformation des scores bruts
MABC-2	3-16 ans	Dextérité manuelle	Unimanuelle Bimanuelle Épreuve papier-crayon (circuit)	Vitesse Performance	Score standardisé Percentile
		Viser et attraper	Lancer et attraper	Performance	Score standardisé et percentile
		Équilibre	Unipodal, marche sur une ligne Saut en avant	Durée et performance	Score standardisé Percentile
		Score total			Score standardisé et percentile
BOTMP-2	4-21 ans	Contrôle manuel fin : Motricité fine de précision (7 items) Motricité fine d'intégration (8 items)	Découpage, épreuve papier-crayon (circuit) Copie de formes	Performance et/ou vitesse	
		Coordination manuelle : Dextérité manuelle (5 items) Coordination des membres supérieurs (7 items)	Classer des cartes, enfiler des cubes Attraper une balle, dribbler	Performance et/ou vitesse	
		Coordination du corps : Coordination bilatérale (7 items) Équilibre (9 items)	Sauter sur place, taper des pieds et des mains Tenir en équilibre	Performance et/ou vitesse Durée	
		Force et agilité Vitesse de course et agilité (5 items) Force (5 items)	Course et sauter sur un membre inférieur <i>Push-up</i>	Performance et/ou vitesse	
		Scores composites pour la motricité globale, la motricité fine et total			Z-score, percentile, équivalence d'âge

Tableau 14.IV (suite) : Description des tests de coordination motrice

Test	Âge	Sous-tests	Épreuves	Critères d'évaluation	Transformation des scores bruts
TGMD-2		Habiletés locomotrices	Galop, saut à cloche-pied, saut pieds joints, saut en longueur avec course d'élan, course, pas chassé	3 ou 4 critères selon les items	
		Habiletés de contrôle des objets	Rebond stationnaire, attraper, coup de pied, frappe à deux mains avec une batte, lancer par-dessus, lancer par-dessous	3 ou 4 critères selon les items	
MAND	3,6 -18 ans	Score composite			Notes standard et percentiles
		Motricité fine	5 items avec ou sans objets	Qualitatif et/ou quantitatif	Scores standardisés
		Motricité globale	5 items d'équilibre, de force ou de coordination	Qualitatif et/ou quantitatif	Scores standardisés
		Score total			Index

Tableau 14.V : Fidélité et validité de la MABC et de la MABC-2

Référence	Nombre d'enfants Lieu de recrutement	Âge Critères d'inclusion	Critères d'exclusion	Pays	Objectifs des études	Résultats
Croce et coll., 2001	n = 106 École	5-12 ans	Troubles orthopédique ou intellectuel	États-Unis	Fidélité (test-retest) de la MABC	Test-retest : ICC = 0,92 à 0,96
Chow et coll., 2001	n = 138 École	4-6 ans	Condition médicale, problèmes comportementaux ou émotionnels sévères	Hong Kong	Fidélité (test-retest et inter-juges) de la MABC	Test-retest moyenne à bonne : ICC = 0,64 (lancer) à 0,86 Inter-juges : ICC = 0,80 à 0,1
Van Waelvelde et coll., 2007b	n = 33 École	4-5 ans Risque TDC	Pas mentionnés	Belgique	Fidélité (test-retest) de la MABC et analyse de l'erreur de mesure	Test-retest : ICC = 0,88 Coefficient de concordance : k = 0,72 Erreur-type de mesure = 2,4
Van Waelvelde et coll., 2008	4 ans : n = 236 5 ans : n = 239 Écoles	Tout-venant		Belgique	Sensibilité des données américaines et flamandes	Score 4 ans = score USA ; Score 5 ans > score USA Normes américaines ont une sensibilité moindre pour les enfants de 5 ans
Smits-Engelsman et coll., 2008	n = 9 Centres cliniques	4-12 ans	Troubles moteurs ou sensoriels	Pays-Bas	Fidélité (inter-juges) de la MABC	Fidélité inter-juges : ICC = 0,95 à 1
Engel-Yeger et coll. 2010	n = 249 École	4-12 ans	TDC, déficience intellectuelle, trouble neurologique, développemental, ou des apprentissages	Israël	Comparaison entre les normes américaines et israéliennes de la MABC	Résultats comparables entre les deux populations à l'exception de la classe d'âge de 10 ans, avec des scores plus faibles pour les enfants d'Israël
Przysucha et Maraj, 2010	n = 40 École	7-10 ans	Trouble du développement cognitif ou moteur	Canada	Fidélité (test-retest, consistance interne) de la MABC-2	Test-retest sous-tests : ICC = 0,68, 0,65 et 0,56 ; score total : ICC = 0,67 ; Consistance interne sous-tests : α = 0,61, 0,49 et 0,51

Tableau 14.V (suite) : Fidélité et validité de la MABC et de la MABC-2

Référence	Nombre d'enfants Lieu de recrutement	Âge Critères d'inclusion	Critères d'exclusion	Pays	Objectifs des études	Résultats
Ellinoudis et coll., 2011	n = 183 École	3-5,2 ans	Troubles neurologiques, sensoriels, ou anatomiques	Grèce	Fidélité (test-retest, constance interne) et validité (structure factorielle de la MABC-2)	Fidélité test-retest : items : ICC = 0,66 (trajet) à 0,96 ; sous-tests : ICC = 0,61 à 0,90 ; score total : ICC = 0,85 ; Consistance interne sous-tests : α de Cronbach = 0,51, 0,70, et 0,66
Schulz et coll., 2011	n = 1 172 Communauté	3-16 ans	Pas mentionné	Royaume-Uni	Validité (structure factorielle) de la MABC-2 pour les 3 tranches d'âge (3-6 ans, 7-10 ans, 11-16 ans)	Bonne corrélation entre les scores aux items et le score total
Smits-Engelsmann et coll., 2011	n = 50 École	3-4 ans	Pas de troubles moteurs, sensoriels ou cognitifs	Pays-Bas	Fidélités test-retest et consistance interne de la MABC-2	Fidélité test-retest : ICC = 0,83 Consistance interne : α = 0,70 à 0,87
Wuang et coll., 2012	n = 144 Clinique Communauté École	6-12 ans TDC	Troubles importants du comportement ou émotionnels, trouble neurologique lésionnel, dystrophie musculaire, épilepsie	Taiwan	Fidélité (test-retest, consistance interne)	Fidélité test-retest : items : ICC = 0,88 à 0,98 ; sous-tests : ICC = 0,97, 0,91 et 0,97 ; score total : ICC = 0,97 Consistance interne : sous-tests : α = 0,81, 0,84 et 0,88 ; score total α = 0,90 Bonne sensibilité au changement
Holm et coll., 2013	n = 45 École	7-9 ans	Non mentionnés	Norvège	Fidélité (intra-juge, inter-juges) de la MABC-2	Fidélité intra-juge : ICC = 0,68 Fidélité inter-juges : ICC = 0,67

Tableau 14.V (suite) : Fidélité et validité de la MABC et de la MABC-2

Référence	Nombre d'enfants Lieu de recrutement	Âge Critères d'inclusion	Critères d'exclusion	Pays	Objectifs des études	Résultats
Hua et coll., 2013	n = 1832 École	3-6 ans	Non mentionnés	Chine	Fidélité (test-retest, inter-juges, consistance interne) Validité (contenu, structure factorielle, homogénéité) de la MABC-2	Fidélité test-retest : ICC = 0,83 à 0,99, fidélité inter-juges : ICC > 0,89 ; Consistance interne : α = 0,50 Validité de contenu : CVI = 0,985 ; Analyse factorielle confirmatoire : 3 facteurs Homogénéité : 0,23 à 0,60
Kita et coll., 2016	n = 132 Communauté	7-10,8 ans	Troubles neurologique, psychiatrique et physique Trouble visuel	Japon	Fidélité (consistance interne) Validité (structure factorielle, homogénéité) de la MABC-2	Consistance interne : items : α = 0,53 à 0,58 ; score total α = 0,60 ; Analyse factorielle confirmatoire : 3 facteurs Homogénéité items : 0,45 à 0,57
Psolita et Abdollahipour, 2017	n = 1 157 École	7-16 ans	Non mentionnés	République tcheque	Validité (structure factorielle) de la MABC-2	Analyse factorielle confirmatoire : 3 facteurs Saut sur jambe préférée ou suivre le trajet ont une validité factorielle faible

ICC : corrélation intra-classe ; CVI : indice de validité de contenu

Wilson et coll. (2009) insistent sur la nécessité de ne pas prendre en compte que le score total du test dans l'analyse des compétences motrices, mais d'analyser les différents sous-tests (dextérité manuelle, maîtrise de balles, équilibres). Missiuna et coll. (2006) soulignent quant à eux qu'un des apports importants de la MABC pour l'évaluation est l'intégration de descripteurs qualitatifs du comportement moteur en plus des scores reflétant les performances quantitatives. Pourtant ces descripteurs qualitatifs ne sont pas pris en compte dans le score total à la MABC, qui ne reflète justement qu'une performance quantitative (aspect également évoqué par Barnett en 2008).

La validité de contenu n'a été analysée que dans l'étude de Hua et coll. (2013) et discutée dans celle de Van Waelvelde et coll. (2007b) à notre connaissance. Basée sur l'avis de huit experts pour la tranche d'âge de 3 à 6 ans de la MABC-2, les résultats ont montré une bonne validité de contenu (tableau 14.V). Toutefois, Van Waelvelde et coll. (2007b) font le constat que la motricité fine n'est analysée que partiellement dans la MABC avec trois items.

La validité convergente entre le BOTMP et la MABC a fait l'objet de trois études (Crawford et coll. 2001 ; Bundy et coll., 2002 ; Chen et coll., 2009 ; Lane et Brown, 2015). Il ressort une très faible convergence entre ces deux tests. La seule exception porte sur la tranche d'âge de 11 à 16 ans (Lane et Brown, 2015). Deux études (Tan et coll., 2001 ; Spironello et coll., 2010) ont analysé la relation entre la MABC et la version courte du BOTMP (BOTMP-SF) et identifient des valeurs qui sont modérées (0,50 à 0,79 ; tableau 14.VI). La convergence entre la MABC et le MAND a tendance à être plus élevée ($> 0,80$; Brantner et coll., 2009).

La validité discriminante inclut la sensibilité, soit la capacité d'un test de motricité à identifier des enfants présentant un TDC, et la spécificité, correspondant à la capacité d'un test de motricité à identifier les enfants ne présentant pas un TDC. Les valeurs égales ou supérieures à 80 % sont jugées acceptables.

La sensibilité de la MABC est acceptable dans deux études sur six (Tan et coll., 2001 ; Van Waelvelde et coll., 2007b). Dans les autres études présentées dans le tableau 14.VII, elle est inférieure à 80 % et signifie par conséquent qu'elle n'identifie pas correctement les enfants avec un TDC. Une des explications porte sur le fait que la MABC comparativement au BOTMP ou au PDMS et au NDPA n'évalue pas les mécanismes en jeu dans la motricité, la note de dégradation de la MABC restant une note globale de la performance motrice (Watter et coll., 2008). D'autres auteurs évoquent les modalités de passation qui diffèrent entre la MABC et le BOTMP (Crawford

Tableau 14.VI : Validité de convergence entre les résultats des tests de coordination motrice

Référence	Nombre d'enfants Lieu de recrutement	Âge Critères d'inclusion	Critères d'exclusion	Objectifs de l'étude	Résultats
Validité convergente entre la MABC et le BOTMP et/ou le MAND					
Crawford et coll., 2001	n = 202 ; TDC (n = 101) Pas de preuves de TDC (n = 101)	9,6-13,6	Pas précisé	Validité convergente entre la MABC et le BOTMP	Faible concordance entre ces 2 tests (k = 0,41)
Tan et coll., 2001	Liste d'attente d'un programme de renforcement du mouvement (n = 32) École, communauté (n = 37)	4,8-10,8 ans Critères du DSM-IV	Problèmes moteurs, physiques ou psychologiques	Validité convergente entre la MABC, le MAND et le BOTMP-SF	Corrélation MABC-BOTMP-SF : 0,79 ; MABC-MAND : 0,86 ; MAND et BOTMP-SF : 0,86
Chen et coll., 2009	n = 270 À risque de TDC (n = 144) Pas risque TDC (n = 126) Lieu de recrutement : pas précisé	6,3-10,1 ans CDC-Q < 10 ^e percentile MABC ≤ 15 ^e percentile BOTMP : score < 40	Pas de troubles de la motricité identifiés	Validité convergente entre le BOTMP et la MABC	Faible concordance entre ces 2 tests (k = 43) BOTMP identifie TDC avec scores élevés de problèmes psycho-sociaux MABC identifie TDC avec problèmes attentionnels et de retrait
Brantner et coll., 2009	n = 118 Écoles principalement	4-5-6 ans	Troubles psychiatriques ou médicaux pouvant interférer dans les performances motrices	Validité convergente entre le MAND et la MABC	Pourcentage de concordance globale : 71 % Pourcentage de concordance pour l'identification d'un TDC : 51 % MABC a une meilleure sensibilité que le MAND

Tableau 14.VI (suite) : Validité de convergence entre les résultats des tests de coordination motrice

Référence	Nombre d'enfants Lieu de recrutement	Âge Critères d'inclusion	Critères d'exclusion	Objectifs de l'étude	Résultats
Spironello et coll., 2010	n = 340 École	9-10 ans MABC < 15 ^e percentile	Pas précisé	Validité convergente entre le BOTMP-SF et la MABC	Corrélation modérée ($r = 50$; $p = 0,001$) Faible concordance entre ces deux tests : si score du MABC $\leq 5^{\text{e}}$ percentile ($k = 0,19$), 15 ^e percentile ($k = 0,29$)
Lane et Brown, 2015	n = 50 École	7-16 ans	Troubles du développement, cognitifs, neurologiques ou d'apprentissage	Validité convergente MABC-2 et BOT-2	Corrélation significative (0,80) entre la MABC-2 et BOT-2 pour la classe d'âge 11-16 ans mais pas pour 7 à 10 ans

et coll., 2001). Kaplan et coll. (1998) ont montré que la MABC pénalisait l'enfant avec des troubles de l'attention car aucun *feed-back* n'était donné durant la réalisation des items du test. De plus, ils ont constaté que les enfants présentant des troubles mnésiques pouvaient rencontrer des difficultés à effectuer les items complexes.

Parmi les six études mesurant la spécificité, trois ont enregistré une valeur acceptable. Ces résultats ne permettent pas de conclure que la MABC identifie correctement les enfants ne présentant pas de trouble de la coordination motrice.

La sensibilité au changement a été analysée dans quatre études (tableau 14.VIII). Deux d'entre elles (Wuang et coll., 2012 ; Larke et coll., 2015) l'ont estimée bonne. Leemrijse et coll. (1999) ont conclu que la sensibilité du score total était acceptable mais pas celle des items pris séparément. Van Waelvelde et coll. (2007b) ont en revanche mis en évidence un effet d'apprentissage au cours des trois passations réalisées dans un intervalle de trois semaines chacune et émettent une réserve quant à la possibilité de l'utiliser comme mesure de suivi d'une intervention.

Résultats de revues de littérature sur la MABC et la MABC-2

Venetsanou et coll. (2009) ont réalisé une revue critique de la MABC. Ils ont identifié 19 articles portant sur la MABC et ont exclu les études sur la MABC-2. Cinq articles ont examiné la fidélité, dont deux auprès d'enfants avec un TDC. Et 14 articles ont analysé la validité, dont 7 ont porté plus spécifiquement sur la validité culturelle. Ces auteurs concluent que la fidélité inter-évaluateurs est suffisante mais que la fidélité test-retest est discutable parce que le score de certains items est peu fiable. En effet, Van Waelvelde a identifié que la fidélité test-retest pour les items de maîtrise de balles pour les enfants de 4 à 5 ans 11 mois varie de manière importante d'un essai à l'autre. Ces auteurs remettent en question la validité du test notamment parce que les items d'équilibre enregistrent un effet plafond et que les items de maîtrise de balles n'ont pas une bonne fidélité test-retest dans une étude (Van Waelvelde et coll., 2007a)⁷². Ils ont également montré que la MABC pénalisait les enfants avec troubles de l'attention car aucun *feed-back* n'est donné durant la réalisation des items du test. Comme Watter et coll. (2008), ces auteurs recommandent par conséquent de ne pas l'utiliser comme seul moyen pour identifier les enfants avec un TDC et mettent en évidence la nécessité d'études supplémentaires pour valider la MABC. Brown et Lalor (2009) ont réalisé une revue critique sur la MABC-2. Ils concluent également

à une bonne fidélité test-retest et interévaluateurs. Ils mentionnent en revanche une faiblesse dans la validité de contenu car le contenu des items est limité. Ils concluent que la MABC-2 est un test cliniquement utile pour évaluer les enfants à risque de troubles de la motricité mais ils mettent également en garde sur le fait de ne pas prendre des décisions cliniques sur la seule base de ce résultat.

Autres tests

Le *Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency* version 2 (BOTMP-2 ; Bruininks, 2005) est un test standardisé qui s'adresse à des enfants de 4 ans jusqu'aux adultes (21 ans). Il offre des normes pour filles et garçons séparément. Il comprend un score total et 4 scores composés contrôle de la motricité fine, coordination manuelle, coordination du corps ainsi que force et agilité. Il existe une forme courte nommée *short-form*, comprenant 14 items, puis une autre forme courte nommée *brief form*, comprenant 12 items. La fidélité inter-examineurs va de 0,92 à 0,99 et la fidélité test-retest se situe à 0,70 en moyenne.

La validité du BOTMP-2 *short form* a été évaluée dans plusieurs études. La fidélité inter-examineurs varie selon les items, allant de 100 % pour certains items comme transférer des pièces ou attraper une balle, à 43 % pour l'item sauter sur place. La fidélité test-retest est en revanche plus faible, car la majorité des items offre un pourcentage d'agrément inférieur à 27 % (Lucas et coll., 2013). Les auteurs du test (Bruininks, 2005) ont trouvé un coefficient de corrélation 0,80 en moyenne entre le BOT-2 et le BOT-*short form*. En revanche, Brahler et coll. (2012) ont constaté des valeurs inférieures, allant de 0,071 à 0,86. Ils mentionnent un effet plafond. De plus, les items ont peu de relation avec le sous-score total auquel ils appartiennent. Dans le même sens, Venetsanou et coll. (2009) remettent en cause la capacité de cette version abrégée à identifier des enfants grecs âgés de 5 ans présentant des difficultés.

Le *Test of Gross Motor Development* – 2nd édition – TGMD-2 (Ulrich, 2000 ; Soppelsa et Albaret, 2018) est un test standardisé et étalonné pour la population française auprès de 883 enfants âgés de 4 ans à 10 ans et 11 mois, répartis en 11 groupes d'âge. Il comprend six items portant sur la locomotion et six autres sur le contrôle d'objets. Des études de fidélité (test-retest, inter-examineurs et consistance interne) ont été réalisées (Ulrich, 2000 ; Simons et coll., 2008 ; Valentini, 2012 ; Farrokhi et coll., 2014 ; Kim et coll., 2014 ; Soppelsa et Albaret, 2018).

Tableau 14.VII : Sensibilité et spécificité de la MABC ou de la MABC-2

Référence	Profil d'enfants	Âge	Nombre d'enfants	Tests, évaluation	Présence ou absence déficit moteur	MABC < 15 ^e percentile MABC-2 < 16 ^e percentile			Spécificité
						Avec déficit moteur	Sans déficit moteur	Sensibilité	
Crawford et coll., 2001	Avec et sans TDC	8-17 ans	202	BOTMP et MABC	TDC Pas TDC	21 11	13 27	62 %	71 %
Tan et coll., 2001	Avec et sans TDC	4,8-10,8 ans	69	BOTMP-SF et MABC	Avec déficit moteur Sans déficit moteur	8 18	0 26	100 %	59 %
Van Waelvelde et coll., 2007b	Troubles du développement	4-5 ans	31	PDMS et MABC	Avec déficit moteur Sans déficit moteur	3 9	0 19	100 %	68 %
Watter et coll., 2008	TDC	4-7,11 ans	60	Évaluation multiple	Avec déficit moteur	35	25	42 %	
Chen et coll., 2009	Avec et sans TDC	6,3-10,1 ans	270	BOTMP et MABC	Avec déficit moteur Sans déficit moteur	27 34	14 0	79 %	100 %
Spironello et coll., 2010	Tout-venant	9-10 ans	340	BOTMP-SF et MABC	Avec déficit moteur Sans déficit moteur	25 55	17 238	60 %	81 %
Griffiths et coll., 2017	Prématuré < 30 semaines	T1 : 4 ans T2 : 8 ans	96	MABC-2 à 4 ans et 8 ans	Avec déficit moteur à 4 ans et 8 ans Sans déficit moteur à 4 ans			71 %	92 %

Tableau 14.VIII : Sensibilité au changement après une intervention de la MABC ou de la MABC-2

Référence	Nombre d'enfants Lieu de recrutement	Âge Critères d'inclusion	Critères d'exclusion	Objectifs de l'étude Résultats
Leemrijse et coll., 1999	n = 23 Centre éducatif spécialisé	6-8 ans	Maladies physiques ou neurologiques	Sensibilité au changement Sensibilité suffisante du score total mais pas des items séparément
Van Waelvelde et coll., 2007b	n = 33 École	4-5, 11 ans	Pas mentionné	Sensibilité au changement Faible sensibilité au changement
Wuang et coll., 2012	n = 144 Clinique Communauté École	6-12 ans TDC	Troubles importants du comportement ou émotionnels, trouble neurologique lésionnel, dystrophie musculaire, épilepsie	Sensibilité au changement après une intervention Bonne sensibilité au changement
Larke et coll., 2015	n = 21 École Communauté	10-12 ans MABC-2 < 16 ^e percentile Difficultés dans les AVQ (DCDQ 07)	Autres troubles moteurs, déficience intellectuelle	Comparaison scores MABC-2 et mesures cinématiques segmentaires et centre de pression pour mesurer les effets d'intervention en kinésithérapie Evolution identifiée après intervention avec les 2 tests

AVQ : activités de la vie quotidienne

La validité de contenu a été étudiée par plusieurs experts (Ulrich, 2000 ; Valentini, 2012) et s'avère pertinente. Par ailleurs, une analyse factorielle réalisée par Ulrich (2000) regroupe neuf des douze items en un facteur qui exprime 62 % de la variance et correspondrait à un facteur de motricité globale. La validité de critère a été évaluée à partir de la passation du sous-test *Basic Motor Generalizations* des *Comprehensive Scales of Student Abilities* (CSSA) deux semaines après celle du TGMD-2, avec une corrélation entre la note composite et le sous-test du CSSA de 0,63 (Ulrich, 2000).

Le *McCarron Assessment* est un test américain, utilisé également en Australie. Il est destiné aux enfants de 3,5 à 16 ans et aux adultes. Il a été validé auprès d'enfants et d'adultes présentant une déficience intellectuelle. Il a une fidélité test-retest de 0,67 à 0,98 (McCarron, 1997).

Tests d'évaluation de l'écriture

Les tests utilisés pour le diagnostic de la dysgraphie sont des tests papier-crayon, qui permettent d'analyser le produit fini, c'est-à-dire la trace écrite ainsi que la vitesse d'écriture. De manière générale, l'écriture est évaluée sur la base de deux critères : la qualité de la trace produite (lisibilité, critères géométriques, critères d'organisation spatiale, etc.) et la vitesse d'inscription (nombre de caractères ou de mots écrits par minute). Les principaux tests utilisés sont suffisants pour permettre un diagnostic fiable de la dysgraphie, à l'exception de ceux basés uniquement sur l'évaluation de la vitesse. Cependant, l'évaluation du geste du scripteur n'est pas prise en considération. Or, plusieurs auteurs ont montré que certains paramètres cinématiques sont significativement différents chez les enfants dysgraphiques, comme par exemple le nombre et la durée des levées des crayons, ou encore la vitesse du mouvement (Rosenblum et coll., 2003a et 2006 ; Danna et coll., 2013). Les principaux tests utilisés en France et dans d'autres pays vont maintenant être présentés (pour revues, Feder et Majnemer (2003) ; Rosenblum et coll. (2003b)).

En France

Le principal test clinique utilisé pour l'évaluation de l'écriture est le BHK ou échelle d'évaluation rapide de l'écriture. À ce test s'ajoute le test des lenteurs de Lespargot, parfois utilisé par certains praticiens en complément du BHK.

Le BHK – *Échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant* (Charles et coll., 2003) est le test le plus utilisé en France à l'heure actuelle. Inspiré de l'échelle E d'Ajuriaguerra et coll. (1964), ce test a initialement été développé en hollandais (Hamstra-Bletz et coll., 1987). La tâche consiste en la copie d'un texte imprimé pendant 5 minutes sur une feuille blanche. La cotation diffère ensuite selon la version du test. Deux scores sont calculés : un premier basé sur le nombre total de lettres produites en cinq minutes, et un second basé sur l'analyse de 13 critères de qualité. Les scores bruts sont comparés à des moyennes relatives au degré scolaire ou à l'âge du sujet. Seule la valeur de l'écart-type est fournie. Le diagnostic de dysgraphie est établi dès lors qu'au moins un des 2 scores du sujet se situe à -2 écart-types de la moyenne et au-delà. Lorsque les 2 scores ne sont pas déficitaires mais se situent entre -1 et -2 écart-types de la moyenne, il convient également d'envisager une dysgraphie. Lors du bilan clinique, le praticien note un certain nombre d'éléments (posture d'écriture de l'enfant, prise du crayon, quantité de pratique de l'écriture, etc.), et complète également son évaluation de l'écriture par un certain nombre de questions, qui permettent d'apporter d'autres informations sur le contexte familial et l'histoire personnelle du sujet. Ces questions prennent en considération le ressenti des parents, et si possible celui des enseignants, ainsi que celui de l'enfant face aux difficultés rencontrées dans la pratique de l'écriture et de la graphomotricité à l'école et à la maison. Il n'existe pas de questionnaires standardisés pour l'écriture comme cela a été développé en Israël (HPSQ, voir plus bas), ou comme pour l'évaluation d'autres activités avec par exemple le QTAC qui évalue l'impact des difficultés motrices chez le sujet présentant un TDC sur la vie quotidienne.

Le BHK est très informatif et permet de discriminer de manière fiable les enfants dysgraphiques (validité concurrente convergente avec l'échelle d'Ajuriaguerra et coll. (1964) de 0,68, $p < 0,01$ (Charles et coll., 2003). Ce test a été validé auprès d'une population d'enfants dysgraphiques (Hamstra-Bletz et coll., 1987). Il présente l'avantage d'être rapide à faire passer (5 minutes) et assez rapide à coter (10 à 15 minutes), mais nécessite cependant une certaine expertise de la part de l'évaluateur pour la cotation. En effet, la fidélité inter-correcteurs est de 0,90 pour des correcteurs expérimentés, et de 0,68 pour des correcteurs débutants (Charles et coll., 2003). Une période d'apprentissage est donc nécessaire avant de maîtriser la correction de ce test. En outre, ce test présente une part de subjectivité liée à la nature de certains critères qualitatifs (lettres ambiguës, distorsions de lettres par exemple). Il peut parfois être difficile pour l'évaluateur de faire la différence entre de réelles caractéristiques dysgraphiques et des déformations ou simplifications liées à l'évolution normale ou à la personnalisation de l'écriture.

L'échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'adolescent BHK-Ado (Soppelsa et Albaret, 2012) est également constituée d'une copie de texte durant 5 minutes. Si le texte est identique à celui du BHK, l'évaluation porte sur les cinq lignes du deuxième paragraphe. Il comprend 9 critères qui ne sont pas tous identiques à ceux du BHK. Comme pour le BHK, les scores bruts sont analysés en référence aux scores moyens, et les écart-types selon l'année d'études pour la vitesse (de la 6^e à la 3^e). Pour la qualité, aucune différence n'a pu être identifiée entre les groupes d'âge, un score unique est rapporté.

Il est intéressant de noter qu'un effet du genre a été observé, les filles ayant des scores inférieurs à ceux des garçons, principalement pour le score de dégradation ($p < 0,0001$) mais également pour le score de vitesse ($p < 0,05$).

En ce qui concerne le BHK-Ado, sa validité en tant qu'outil diagnostique a été confirmée auprès d'un groupe d'adolescents dysgraphiques, mais uniquement pour le score de qualité ($p < 0,0001$; Soppelsa et Albaret, 2012). Une fidélité inter-correcteurs de 90 % a été observée, en tolérant une différence entre correcteurs de 1 point maximum.

Le test des lenteurs de Lespargot est utilisé par certains praticiens en France, entièrement ou en partie, en complément du BHK (Marquet-Guillois et coll., 1981 ; Alexandre, 2007). Normé pour les enfants de CE1, CE2, CM1, CM2, 6^e, 4^e, et 2nde, il évalue uniquement la fréquence d'inscription au moyen de trois tâches réalisées sur trois feuilles séparées, à grands carreaux : l'écriture répétée d'un mot court, choisi par l'enfant, pendant 5 minutes, la copie d'un texte écrit au tableau pendant 5 minutes, et une dictée dont la longueur et la durée sont adaptées au niveau scolaire. La fréquence d'inscription est calculée pour chaque tâche (nombre de mots copiés par minute), et les scores obtenus sont comparés aux normes chez l'enfant tout-venant de même niveau scolaire, le seuil étant situé comme pour le BHK à 2 écart-types.

Aucune donnée de validité n'a été publiée pour ce test. Il présente l'avantage d'être relativement rapide à faire passer et simple à coter. En revanche, il ne rend compte que de la fréquence d'inscription, qui n'est pas suffisante pour évaluer la dysgraphie du fait de la grande variabilité interindividuelle de ce paramètre. Ce test ne peut donc être utilisé comme unique outil diagnostique de la dysgraphie.

Au niveau international

Le test du BHK a été adapté et est aujourd'hui utilisé dans plusieurs pays européens. Il existe également depuis peu une adaptation en langue arabe (Matta Abizeid et coll., 2017). Les autres principaux tests d'évaluation de

l'écriture sont le *Minnesota Handwriting Assessment* (MHA), le *Detailed Assessment of Speed of Handwriting* (DASH), le *Hebrew Handwriting Evaluation* (HHE) et le *Evaluation Tool of Children's Handwriting* (ETCH).

Le MHA (Reisman, 1993 et 1999) est un test en langue anglaise correspondant à la version clinique du MHT (*Minnesota Handwriting Test*), et destiné à l'évaluation de l'écriture chez des enfants de 6 à 8 ans (CP-CE1). La tâche consiste à copier en script une phrase contenant toutes les lettres de l'alphabet, dans une condition « identique au modèle » et dans une condition comprenant des inversions de mots. L'évaluation se fait sur la base de la fréquence d'inscription (nombre de lettres écrites en 2 minutes 30), et de 5 critères qualitatifs. Le praticien note également la tenue du stylo et la posture d'écriture, cependant ces critères ne sont pas pris en compte dans l'évaluation.

La fidélité inter-correcteurs de ce test est très bonne, aussi bien pour des évaluateurs expérimentés que non expérimentés (0,99 et 0,77-0,83 respectivement ; Reisman, 1993). La fiabilité test-retest est bonne ($r = 0,72$). Plusieurs études ont montré que ce test permet de distinguer les bons scripteurs des mauvais scripteurs avec une grande précision (97,9 % ; Cornhill et Case-Smith, 1996 ; Reisman, 1999). Ce test est simple et rapide à faire passer. Sa cotation est également rapide, simple et fiable, comme en atteste la fidélité inter-correcteurs observée, même pour des correcteurs non expérimentés. En revanche, il n'évalue l'écriture que dans deux tâches de copie, et ne présente des normes que pour les enfants de 6 à 8 ans.

Le DASH (*Detailed Assessment of Speed of Handwriting* ; Barnett et coll., 2007 et 2009) est un test en langue anglaise standardisé pour l'enfant de 9 à 17 ans et pour l'adulte de 17 à 25 ans (DASH-17+). Dans ce test, plusieurs tâches sont proposées : copie d'une phrase contenant toutes les lettres de l'alphabet (la même que dans le MHA) pendant 2 minutes, d'abord en condition « précise » avec une exigence de qualité, puis en condition « rapide », c'est-à-dire avec une exigence de vitesse, retranscription de mémoire de l'alphabet en continu pendant 1 minute, tâche de rapidité graphomotrice (production de croix dans un cercle délimité pendant 1 minute), écriture libre pendant 10 minutes (toutes les 2 minutes l'expérimentateur note où en est l'enfant). Le nombre de mots, de lettres ou de croix correctement produits sont comptés afin de déterminer les vitesses d'inscription correspondantes.

Pour la version enfant de ce test, un effet du genre a été observé pour les 4 tâches d'écriture ainsi que pour le score global ($p < 0,001$ et $0,0001$ respectivement ; Barnett et coll., 2009). Une grande homogénéité entre les

4 tâches d'écriture est décrite (alpha de Cronbach pour les scores globaux de 0,83 à 0,89). Les corrélations intra-classe (ICC) sont excellentes pour toutes les tâches ($< 0,99$) sauf pour la tâche graphomotrice (= 0,85). La validité test-retest est $> 0,80$ pour les scores globaux. Enfin, la validité du test pour la détection des troubles de l'écriture a été confirmée pour toutes les tâches proposées, sauf pour la « copie précise » (Barnett et coll., 2009).

Concernant le DASH-17+, un effet de genre a été décrit pour les tâches de l'alphabet et de copie rapide ($p = 0,001$ et $0,03$ respectivement), mais la taille d'effet est modérée (d de Cohen = $0,39$ et $0,30$ respectivement ; Barnett et coll., 2011). Une très bonne corrélation entre les 4 tâches d'écriture est observée ($p < 0,01$) mais la corrélation entre la tâche graphomotrice et les autres tâches est faible, suggérant que cette tâche n'est pas un indicateur fort de la vitesse d'écriture et ne peut être utilisée isolément pour le diagnostic.

Ce test est relativement rapide à faire passer et à coter (15 à 25 minutes pour chaque). Il est intéressant car il aborde l'écriture sous différents aspects (écriture libre, écriture en présence de contrainte de qualité ou de vitesse, etc.). En revanche, il ne prend en compte que la vitesse d'écriture et ne fournit pas d'indicateur de qualité.

Le HHE (*Hebrew Handwriting Evaluation* ; Erez et coll., 1996 et 1999) est un test en hébreu qui a été normé pour les enfants de CE1 et CE2 (grade 2 et 3). Les tâches utilisées dans ce test sont la copie des lettres de l'alphabet dans le désordre, la copie d'un paragraphe contenant toutes les lettres de l'alphabet (30 mots, 107 lettres), et la dictée d'un texte de 30 mots sur papier ligné. L'évaluation se fait sur la base de la vitesse d'écriture (nombre de lettres écrites par minute), de deux critères de qualité (forme et organisation spatiale des lettres, nombre d'erreurs), et d'un critère ergonomique (pression, tenue du stylo, position du corps, position de la feuille).

La fidélité inter-correcteurs est bonne ($0,75$ - $0,79$; Erez et coll., 1996 et 1999 ; Rosenblum et coll., 2003b). Sa validité pour l'identification des troubles de l'écriture a été confirmée (Rosenblum et coll., 2003a). Ce test évalue l'écriture dans différentes situations, et présente en outre l'avantage de prendre en compte, en plus de la qualité et de la vitesse d'écriture, des facteurs ergonomiques. Il n'est cependant disponible qu'en hébreu.

Le test ETCH (*Evaluation Tool of Children's Handwriting* ; Amundson, 1995) est un test en langue anglaise d'analyse de l'écriture scripte (ETCH-M) ou cursive (ETCH-C) chez l'enfant du CP à la 6^e. Il comprend différentes tâches : écriture de mémoire des lettres de l'alphabet, écriture des nombres de 1 à 12, copie de 5 phrases à partir d'un modèle proche (livre) ou éloigné de l'enfant (tableau), écriture de 2 pseudo-mots sous la dictée et d'un

troisième sous épellation, et écriture libre d'une phrase constituée d'au moins 5 mots. L'évaluation se fait sur la base d'un score de fréquence d'inscription, et de 3 scores de qualité, un pour chaque item (lettres, mots, chiffres). Un certain nombre de critères bio-mécaniques sont également notés par le praticien (tenue du stylo, pression du stylo sur la feuille, etc.).

La fidélité inter-correcteurs observée est bonne pour l'écriture scripte (0,85-0,92) et moindre pour l'écriture cursive (0,30 pour les mots et 0,97 pour les lettres ; Amundson, 1995 ; Rosenblum et coll., 2003b). Cette différence pourrait être liée à une plus grande diversité dans la façon d'écrire les lettres dans l'écriture cursive. La fiabilité test-retest est relativement bonne pour le test ECTH-M (0,63-0,77 ; Diekema et coll., 1998). La version ETCH-C du test a été validée pour l'identification d'enfants présentant des troubles de l'écriture (Koziatsek et Powell, 2002), notamment sur la base des scores totaux obtenus pour les lettres et les mots (Duff et Goyen, 2010). Ce test évalue l'écriture dans différentes situations (copie, dictée, écriture de mémoire) et évalue des aspects qualitatifs et quantitatifs (vitesse) de l'écriture. Il présente cependant une part de subjectivité, puisqu'il se fonde sur des scores globaux de lisibilité.

Quelques questionnaires ont également été développés. Le questionnaire *Handwriting Checklist* (Alston et Taylor, 1987) par exemple a été conçu pour aider les enseignants à identifier les difficultés particulières en écriture des élèves. Plus récemment, deux questionnaires ont été développés en Israël en complément du HHE. Il s'agit du *Hebrew Handwriting Proficiency Screening Questionnaire* (HPSQ) à destination des enseignants (Rosenblum et Livneh-Zirinski, 2008) et du *HPSQ-Children* (HPSQ-C) à destination de l'enfant (Rosenblum, 2015). Le premier permet d'évaluer le ressenti des enseignants vis-à-vis de l'écriture de l'enfant, le second est un questionnaire visant à évaluer le ressenti de l'enfant par rapport à son écriture et à l'activité d'écriture en général. Une corrélation significative, bien que modérée, a été trouvée entre les 2 tests, et une bonne corrélation avec les scores au HHE a été observée pour chacun d'eux. Ces tests ne sont pour le moment utilisés qu'à des fins de recherche.

Questionnaires sur les activités et la participation

Les questionnaires sur les activités et la participation permettent de répondre au deuxième critère diagnostique du TDC selon le DSM-IV ou le DSM-5. Ils visent à évaluer la perception de l'impact des difficultés de coordination motrice sur la vie quotidienne en interrogeant l'enfant ou ses parents ou

enseignants. Le plus fréquemment cité est le *Developmental Coordination Disorder Questionnaire* (DCDQ), suivi par d'autres comme le *DCDDaily Questionnaire* et le MABC-2-Q. Sans pour autant être spécifiques au TDC, une grande variété de tests est utilisée dans les articles scientifiques comme en clinique et s'adressent aux personnes ou enfants concernés, à leurs parents ou à leurs enseignants (tableau 14.IX). L'ensemble de ces tests ne sera pas détaillé ici.

Le DCDQ est pour l'instant le seul questionnaire à avoir été traduit en français (QTAC ; Martini et Wilson, 2012). Il est destiné aux parents d'enfants âgés de 5 à 15 ans et comprend 15 questions. Il existe également une version pour les enfants de 3 à 5 ans, le *Little DCDQ*. Les parents doivent estimer si chacune des 15 affirmations correspond à leur enfant et attribuent une valeur de 0 (pas comme mon enfant) à 5 (vraiment comme mon enfant). Le score total varie entre 15 et 75. Différents seuils ont été établis en fonction de l'âge : avant 8 ans, un score ≤ 46 indique des difficultés dans les activités de la vie quotidienne, entre 8 and 10 ans, il prend une valeur ≤ 55 et pour les enfants de plus de 10 ans, le seuil est ≤ 57 .

Dans une étude réalisée au Canada sur un échantillon de 232 enfants âgés de 5 à 15 ans, Wilson et coll. (2009) trouvent une forte consistance interne (Cronbach's alpha = 0,89). Ce questionnaire a fait l'objet de nombreuses études de validité. Quatre études réalisées auprès de parents d'enfants recrutés dans la communauté (Martini et coll., 2011 ; Kennedy-Behr et coll., 2013 ; Caravale et coll., 2014 ; Parmar et coll., 2014) ont trouvé de faibles valeurs de sensibilité (tableau 14.X), ce qui signifie que ce questionnaire a une faible valeur pour identifier les enfants qui pourraient présenter un TDC. À l'opposé, il présente en général une bonne spécificité et par conséquent identifierait correctement les enfants qui ne présentent pas un TDC. Les corrélations avec la MABC ou la MABC-2 sont peu élevées, ce qui signifie que le DCDQ et la MABC n'évaluent pas les mêmes habiletés.

Le *DCDDaily Questionnaire* (Van der Linde et coll., 2014a) est destiné aux parents d'enfants âgés de 5 à 8 ans. Il inclut 23 questions nécessitant une réponse sur une échelle de trois points (1 = bon, 2 = moyen, 3 = pauvre). Le score total va de 23 à 69. Des corrélations significatives ont été trouvées entre ce questionnaire, et le questionnaire de la MABC-2-Q ($r = 0,49$) et le DCDQ ($r = -0,64$) mais seulement dans le groupe des enfants tout-venant et pas dans celui des enfants présentant un TDC. Le *DCDDailyQ* a fait l'objet d'une étude (Van der Linde et coll., 2014a) et montre une bonne sensibilité et spécificité. Toutefois, d'autres études seraient nécessaires pour confirmer ces résultats.

Tableau 14.IX : Diversité des tests sur les activités et la participation retrouvés dans la littérature sur les personnes porteuses de TDC

Nom du questionnaire		Références	Objet	Âge	Destinataire
DCDDaily-Q	DCDDaily Questionnaire	Van der Linde et coll. (2014b)	Participation, AVQ	5-8 ans	Parents
Little DCDQ	Little Developmental Coordination Disorder Questionnaire	Wilson et coll. (2015)	AVQ	3-4 ans	Parents
QTAC	Questionnaire sur le trouble d'acquisition de la coordination, inspiré du DCDQ	Martini et Wilson (2012)	Performance AVQ	5-15 ans	Parents
CPQ	Children Participation Questionnaire	Rosenberg et coll. (2010)	Participation (AVQ)	4-6 ans	Parents
PPA-C	Personal Projects Analysis for Children	Poulsen et coll. (2011)	Participation activités physiques et loisirs (garçons !)	??	Enfant
PSQ	Child Performance Skills Questionnaire	Bart et coll. (2010)	Performances AVQ	4-6 ans	Parents
School AMPS	The School-Assessment of Motor and Process Skills	Zeltzer L. (révisé 2010)	Performance tâches scolaires	3-15 ans	Professionnel (ergothérapeute, etc.)
DO-EAT	Performance-based Assessment Tool for Children	Goffier et coll. (2009) ; Josman et coll. (2010)	Performance AVQ	5-8 ans	Enfants et parents
CHAS-P (parents)	CHAS-P-T : Children Activity Scale Parents and Teacher	Rosenblum (2006)	Identifier enfants à risque de TDC	4-8 ans	Parents
CHAS-T (teacher)	CHAS-P-T : Children Activity Scale Parents and Teacher	Rosenblum (2006)	Identifier enfants à risque de TDC	4-8 ans	Enseignants
VABS	Vineland Adaptive Behavior Scale	Doll (1965) ; Sparrow et coll. (2005)	Performances en communication, AVQ, relations sociales et comportement	0-18 ans et 11 mois	Professionnel ou parent

Tableau 14.IX (suite) : Diversité des tests sur les activités et la participation retrouvés dans la littérature sur les personnes porteuses de TDC

Nom du questionnaire		Références	Objet	Âge	Destinataire
PEGS	<i>Perceived Efficacy and Goal Setting System</i>	Missiuna et coll. (2004)	Participation (AVQ, école, loisirs)	5-9 ans	Enfant, soignants, éducateur
CAPE	<i>Children's Assessment of Participation and Enjoyment</i>	King et coll. (2004)	Participation (activités hors scolaire)	6-21 ans	Enfant, adolescents
MHAvie enfants	Mesure des habitudes de vie enfants	Fougereyrollas et coll. (2003)	Participation/habiletés (AVQ, école, loisirs), avec et sans aide	5-13 ans	Parent, intervenant ou jeune
POS	<i>Play Observation Scale</i>	Rubin (2001)	Participation jeux libres	2,5-4,5 ans	Observateur (professionnel)
DCDQ	<i>Developmental Coordination Disorder Questionnaire</i>	Wilson et coll. (2000)	AVQ	5-15 ans	Parents
ASK	<i>The Activities Scale for Kids – 2 versions : performance et capabilité</i>	Young et coll. (révisé 2000)	Participation (AVQ, locomotion et transferts, jeux, etc.)	5-15 ans	Enfant
SFA	<i>School Function Assessment</i>	Coster et coll. (1998)	Participation en classe (avec et sans aide)	> 6 ans	Enseignant
MOQ-T	<i>Motor Observation Questionnaire for Teachers (MOQ-T) previously called the Groninger Motor Observation Scale</i>	Van Dellen et Kalverboer (1990)	Habiletés (motrices et graphisme)	6-11 ans	Enseignants

AVQ : activités de la vie quotidienne

Tableau 14.X : Échantillons, âge des enfants, publics, pays, sensibilité et spécificité des questionnaires

Référence	Échantillons	Âge	Public concerné	Pays	Questionnaires	Sensibilité	Spécificité	Corrélation avec la MABC	Corrélation avec la MABC-2
Schoemaker et coll., 2012	Communauté	5-8	Enseignants	Pays-Bas Belgique	MABC-2-C	41	88		0,38
Parmar et coll., 2014	Communauté	4-6	Parents	Canada	DCDQ'07	21	92		
Martini et coll., 2011	Communauté	5-15	Parents	Canada francophone	DCDQ'07	47	77		
Kennedy-Bher et coll., 2013	Communauté	5-7,11	Parents	Allemagne	DCDQ'07	30	87		
Caravale et coll., 2015	Communauté	5-12	Parents	Italie	DCDQ'07	59	65		
Kennedy-Bher et coll., 2013	Clinique	5-6,3	Parents	Allemagne	DCDQ'07	73	95		
Pannekoek et coll., 2012	Communauté	12-15	Parents	Australie	DCDQ'07	86	25		0,34
Caravale et coll., 2014	Clinique	5-11	Parents	Italie	DCDQ'07	88	96		
Van der Linde et coll., 2014a	Groupe mixte	5-8	Parents	Pays-Bas	DCDDailyQ	88	92	0,49	
Wilson et coll., 2009	Groupe mixte	5-7	Parents	Canada Royaume-Uni	DCDQ'07	85	71	0,55	

Le MABC-2-Q est le questionnaire inclus dans la seconde version de la MABC. Il est principalement destiné aux enseignants des enfants de 5 à 11 ans. Les parents peuvent également le remplir. Il comprend 30 items en deux sections : la section A inclut 15 activités réalisées dans un environnement stable et/ou prévisible et la section B, 15 activités dans un environnement dynamique et/ou imprévisible. De plus, tous les items sont classés dans différentes catégories : soins personnels, habiletés dans la classe, éducation physique/activités récréatives. L'évaluation se fait sur une échelle de 4 points (0 = très bien ; 3 = pas très bien), le score total se situe entre 8 et 90. Schoemaker et coll. (2012) ont trouvé une bonne consistance (Cronbach's alpha = 0,94). La corrélation entre ce questionnaire et la MABC-2 est faible (tableau 14.XI).

Des trois questionnaires principalement utilisés, celui qui contient le plus de questions en relation avec les activités de la vie quotidienne (39 %) est le *DCDDailyQ* et celui qui en présente le moins est le *DCDQ* (7 % ; Kaiser et coll., 2015). Le MABC-2-Q contient la plus importante proportion de questions en lien avec l'équilibre et la maîtrise de balles (63 %). Ces questionnaires n'évaluent donc pas les mêmes activités et par conséquent ne peuvent pas identifier les mêmes enfants. De plus, il manque des questionnaires spécifiques au TDC destinés directement aux enfants et aux adolescents.

Questionnaires sur la qualité de vie

Il existe également des questionnaires portant spécifiquement sur la qualité de vie. Ces questionnaires visent à évaluer les répercussions subjectives du trouble sur la qualité de vie en interrogeant la personne concernée par le trouble. Sont ici présentés les tests qui ont été utilisés auprès de personnes présentant un TDC et traduits en français. D'autres questionnaires ont pu être utilisés dans les articles utilisés pour cette expertise mais ne seront pas détaillés ici (pour un aperçu, voir tableau 14.XII).

L'*Auto-questionnaire qualité de vie enfant imagé-AUQUEI* (Manificat et Dazord, 1997) est un questionnaire francophone qui évalue l'état émotionnel et la qualité de vie. Il s'adresse aux enfants de 4 à 12 ans et comprend 26 questions. L'enfant répond à des questions relatives à différents domaines de sa vie comme les relations familiales et sociales. Il choisit une réponse parmi quatre images d'enfants allant de triste à content. Il lui est demandé de donner un exemple pour chaque situation. Le questionnaire est traduit en français et il a été utilisé pour une étude avec des enfants avec un TDC (Kaiser, 2013) et dans le cadre d'études mesurant la qualité de vie des enfants présentant une déficience intellectuelle (Lemétayer et Gueffier 2006) ou encore pour des enfants présentant une paralysie cérébrale.

Tableau 14.XI : Relation entre la MABC et une mesure sur les activités et la participation

Référence	Âge et nombre d'enfants	Critères d'inclusion et d'exclusion	Objectifs	Résultats
Schoemaker et coll., 2012	5-8 ans Tout-venant (n = 383)	Tout-venant Critères d'exclusion : non spécifiés	Mesure de la validité et de la fiabilité du questionnaire du MABC-2 (MABC-2-C)	Corrélation significative (0,38) entre le MABC-2-C et le test Corrélation significative (0,36) entre le MABC-2-C et le DCDQ Utilité du questionnaire pour évaluer le critère B du DSM-IV
Doderer et Miyahara, 2013	10-11 ans TAC-TDC (n = 7)	MABC-2 < 5 ^e percentile ou DCDQ07 ou, Questionnaire MABC-2 Concordance entre les tests pas nécessaire au diagnostic	Mesure de la convergence des outils vers des catégories diagnostiques du TDC Intérêt de l'évaluation par observation	Divergence des résultats des outils normalisés pour 4 enfants sur 7 -> reflet de la multiplicité des aspects du développement moteur
Capistrano et coll., 2015	7-10 ans École (n = 100) Brésil	Pas de problèmes physiques	Analyser la convergence entre la MABC-2, le DCDQ et le questionnaire de la MABC-2-C	Pas de corrélation significative entre le DCDQ et la MABC-2, ni entre le DCDQ et le MABC-2-C

Tableau 14.XII : Diversité des tests évaluant la qualité de vie retrouvés dans la littérature sur les personnes porteuses de TDC

Nom du questionnaire		Références	Âge	Destinataire
PedsQL	<i>Pediatric Quality of Life Inventory (version 4.0, adaptation HRQOL)</i>	Varni et coll. (2001)	2-18 ans	Enfant et parents
KIDSCREEN-52	<i>Quality of Life Measure for Children and Adolescents</i>	Ravens-Sieberer et coll. (2001)	8-12 ans	Enfant, parents ou proches
HRQOL	<i>Health-related Quality of life</i>	Ravens-Sieberer et Bullinger (1998)	Adultes	Sujet lui-même
WHOQOL-BREF	<i>World Health Organization Quality of Life</i>	OMS (1998)	Adultes	Sujet lui-même
KINDL / KINDLr		Ravens-Sieberer (1998)	4-6 ans/7-13 ans/14-17 ans	Enfant (+ une version parents)
AUQUEI	<i>Auto-questionnaire Qualité de Vie Enfant Imagé</i>	Manificat et coll. (1997)	4-12 ans	Enfant lui-même
LDB	<i>Leisure Diagnostic Battery</i>	Ellis et Witt (1986)	Version A : 9-14 ans	Enfant
SLSC	<i>Student's Life Satisfaction Scale</i>	Huebner (1991)	8-14 ans	Enfant
LiSat-9	<i>Life Satisfaction Questionnaire</i>	Fugl-Meyer et coll. (1991)	Non précisé	Sujet lui-même

Actuellement, le KIDSCREEN est probablement le questionnaire le plus utilisé en Europe car il est le fruit d'un projet européen. Le KIDSCREEN-52 (Ravens-Sieberer et coll., 2001) comprend 10 domaines : bien-être physique, bien-être psychique, humeurs et émotions, perception de soi, autonomie, relation avec les parents et la vie à la maison, soutien social et des pairs, acceptation sociale et environnement scolaire. Il est destiné à des enfants de 8 à 18 ans. Deux versions plus courtes existent également : KIDSCREEN-27 et KIDSCREEN-10. Les formes du questionnaire varient selon qu'il est adressé à l'enfant, aux parents et/ou à ses proches. Le questionnaire a été traduit en français. Il a été utilisé dans une étude de Dewey et Volkovinskaia (2018) réalisée auprès d'adolescents présentant un TDC et/ou un TDA/H. Ces auteurs mettent en évidence que les sujets qui ont uniquement un TDC ne semblent pas montrer une qualité de vie moins bonne que les enfants sans troubles, en revanche si les adolescents présentent les deux troubles, alors leur qualité de vie est moins bonne. Si le questionnaire a été utilisé dans un nombre important d'études, il ne l'est que dans une étude incluant des enfants avec un TDC (Caçola et Killian, 2018). Cette étude a pu mettre en évidence des résultats plus faibles pour ces enfants comparativement à des enfants tout-venant.

Le *Pediatric Quality of Life Inventory* évalue les 4 domaines que sont les fonctionnements physique, émotionnel, social et scolaire. Une version courte est destinée aux jeunes enfants de 2 à 4 ans avec 21 questions, et une version plus longue s'adresse aux enfants de 5 à 18 ans avec 23 questions. Il existe une version pour les enfants et une autre pour les parents et les proches. Ce test a été traduit en français. Il a été utilisé dans l'étude Caçola et Killian (2018).

Tests évaluant la perception visuelle

Des tests de la perception visuelle peuvent être administrés dans le cadre de la démarche diagnostique du TDC afin d'identifier d'éventuels troubles visuels s'ajoutant à des troubles de la motricité, ou pouvant les expliquer en partie. Dans ce domaine, il apparaît important d'évaluer aussi bien la perception visuelle sans et avec exigence motrice (épreuves avec papier-crayon) afin d'identifier si les difficultés proviennent d'un déficit de coordination motrice ou de perception visuelle. Les principaux tests retrouvés dans la littérature sont présentés ici.

Le *Beery-Buktenica Developmental Test of Visual-Motor Integration* (Beery VMI) est destiné aux enfants dès 2 ans jusqu'aux adultes. Il comprend une

épreuve de copie de formes, une épreuve de reconnaissance de formes et une dernière nécessitant de tracer un trait entre deux lignes représentant une forme. Il peut être passé en groupe ou en individuel. Il a fait l'objet de nombreuses études de validation. Les auteurs (Beery, 2010) mentionnent une fidélité test-retest de 0,88 pour la copie de formes, de 0,84 pour la perception visuelle et de 0,85 pour la coordination motrice. La fidélité inter-examineurs est respectivement de 0,93, 0,98 et 0,94. La consistance interne est de 0,82 pour la copie de formes et la coordination motrice et de 0,81 pour la perception visuelle. La validité concurrente est de 0,75 entre les deux items de copie de formes du VMI et du DTVP-2 et de 0,62 entre les deux items de perception visuelle de ces deux tests nécessitant de reconnaître les formes identiques et de 0,65 entre les deux items nécessitant de tracer un trait entre deux lignes.

Le Beery VMI a fait l'objet d'une étude au Québec (Coallier et coll., 2014) auprès de 151 enfants âgés de 5 à 6 ans. Les auteurs montrent que les résultats de ces enfants sont similaires à ceux des enfants américains à l'exception de la tranche d'âge de 68 à 69 mois, qui a obtenu un score significativement supérieur. Les filles ont obtenu un résultat significativement meilleur que celui des garçons dans l'échantillon étudié, ce qui signifie qu'elles sont meilleures pour reproduire des formes complexes que les garçons.

Le *Developmental Test of Visual Perception-3* (DTVP-3 ; Hammill et coll., 2014) permet d'évaluer la perception visuelle des enfants de 4 à 12 ans. Il comporte deux items papier-crayon et trois items de perception visuelle sans exigence motrice (figure-fond, principe de fermeture, constance de la forme). Les deux premiers items ont été comparés avec la NEPSY et le Beery VMI, tandis que les trois suivants apparaissent originaux en ce qu'ils ne sont comparables à aucune épreuve de la NEPSY. La fidélité test-retest se situe entre 0,70 et 0,85, la fidélité inter-examineurs est de 0,30. Brown (2016) a analysé la validité et la fidélité de ce test auprès de 39 enfants âgés de 6 à 8 ans. Il trouve une bonne consistance interne de 0,80. En revanche, il ne trouve pas de corrélation significative entre la copie de formes du DTVP-3 et l'intégration visuo-motrice du VMI (copie de formes) ni entre les deux épreuves de circuit. Cependant, les épreuves de perception visuelle du DTVP-3 sont significativement corrélées avec l'item de perception visuelle du VMI.

Dans une étude française (Barray et coll., 2010), les résultats aux épreuves de copie de formes du VMI, du DTVP-2 et de la NEPSY (Korkman et coll., 2003) ont été analysés auprès d'un échantillon de 90 enfants âgés de 6 ans à 10 ans et 11 mois. Il ressort que les enfants obtenant des résultats soit très bons, soit très faibles ont des résultats similaires aux trois épreuves. En revanche, en dehors de ces résultats se situant dans les extrêmes, les autres

enfants obtiennent des résultats très différents d'un test à l'autre. Les scores normalisés par âge montrent une similarité de résultats à 6 ans et à 10 ans pour la NEPSY et le VMI. Les résultats aux VMI et DTVP-2 sont similaires à l'âge de 8 ans et quasi identiques à 7 ans. Les résultats à la NEPSY et au DTVP-2 sont identiques à 9 ans uniquement. Jusqu'à 9 ans, les moyennes brutes normalisées sont plus élevées à la NEPSY qu'aux autres tests. À 10 ans, la copie de formes du DTVP-2 enregistre un score plus élevé. Comme la NEPSY a fait l'objet d'une adaptation française, les auteurs suggèrent de l'utiliser. Mais ils relèvent que l'aspect développemental peut être évalué avec le VMI.

Le test PVSE (Perception visuo-spatiale élémentaire) a été construit à partir de batteries pré-existantes (BORB, Riddoch et Humphreys, 1993 ; VOSP, Warrington et James, 1991). Il consiste à présenter des figures géométriques par paires et à demander d'indiquer verbalement si ces figures sont pareilles ou non. Ce test n'a pas d'exigence motrice et demande une réponse verbale très succincte. Ce test est composé de 6 sous-tests (jugement de longueur, jugement de taille, comparaison d'orientation de lignes, jugement de milieu, localisation de points et discrimination de points). La durée du test n'excède pas 15 minutes même pour les plus jeunes. La validation de ce test est en cours. Des données normatives développementales ont été recueillies de l'âge de 4 ans jusqu'à l'âge adulte. De même, des données auprès de deux patients ayant présenté une lésion bilatérale de la voie dorsale ont été recueillies (Pisella et coll., 2013). Les résultats obtenus par ces deux patients permettent de faire l'hypothèse que la voie dorsale occipitale et pariétale serait le support anatomique du test. Ce test donne un score global, un score par sous-test, un score dit « occipital » correspondant à la somme des scores obtenus aux tests jugement de longueur et jugement de taille, et un score dit « pariétal » correspondant à la somme des scores obtenus aux quatre autres tests. L'intérêt de ce test est donc de mesurer la fonction visuo-spatiale élémentaire en lien avec la voie dorsale sans solliciter la motricité⁷³.

73. Pour plus de détails sur le test PVSE, se référer à la communication dédiée.

RÉFÉRENCES

- Ajuriaguerra J de, Auzias M, Coumes I, *et al.* *L'écriture de l'enfant : I. L'évolution de l'écriture et ses difficultés.* Neuchâtel : Delachaux et Niestlé, 1964.
- Alexandre A. Réécalonnage et étalonnage du bilan des « Lenteurs de l'écriture » (1981) visant à évaluer la vitesse d'écriture d'élèves valides de différents niveaux scolaires. *Ergothérapies* 2007 ; 27 : 13-22.
- Alston J, Taylor J. *Handwriting: theory, research and practice.* Londres : Croom Helm, 1987.
- Amudson SJ. *Evaluation tool of children's handwriting.* Homer, AK : OT Kids, 1995.
- Anderson PJ, Burnett A. Assessing developmental delay in early childhood – concerns with the Bayley-III scales. *Clin Neuropsychol* 2017 ; 31 : 371-81.
- Barnett AL. Motor assessment in developmental coordination disorder: from identification to intervention. *Int J Disabil Dev Educ* 2008 ; 55 : 113-29.
- Barnett AL, Henderson SE, Scheib B, *et al.* *DASH detailed assessment of speed of handwriting.* Boston, MA : Pearson, 2007.
- Barnett AL, Henderson SE, Scheib B, *et al.* Development and standardization of a new handwriting speed test: the detailed assessment of speed of handwriting. *Br J Educ Psychol* 2009 ; 1 : 137-57.
- Barnett AL, Henderson SE, Scheib B, *et al.* Handwriting difficulties and their assessment in young adults with DCD: extension of the DASH for 17-to 25-year-olds. *J Adult Dev* 2011 ; 18 : 114-21.
- Barray V, Deborde AS, Galbiati C, *et al.* Étude comparative de 3 tests de « copies de figures » utilisés chez l'enfant : Beery VMI, NEPSY et DTVP-2. *Développements* 2010 ; 5 : 21-33.
- Bart O, Rosenberg L, Ratzon NZ, *et al.* Development and initial validation of the performance skills questionnaire (PSQ). *Res Dev Disabil* 2010 ; 31 : 46-56.
- Bayley N. *Bayley scales of infant and toddler development-III.* San Antonio, TX : Harcourt Assessment, 2006.
- Beery KE. *The Beery-Buktenica developmental test of visual-motor integration* (6th ed). Minneapolis, NCS : Pearson Inc., 2010.
- Brahler CJ, Donahoe-Fillmore B, Mrowsinsk S, *et al.* Numerous test items in the complete and short forms of the BOT-2 do not contribute substantially to motor performance assessments in typically developing children six to ten years old. *J Occup Ther Schools Early Interv* 2012 ; 5 : 73-84.
- Brantner S, Piek JP, Smith LM. Evaluation of the validity of the MAND in assessing motor impairment in young children. *Rehab Psychol* 2009 ; 54 : 413-21.
- Brown T. Validity and reliability of the developmental test of visual perception – third edition (DTVP-3). *Occup Ther Health Care* 2016 ; 30 : 272-88.
- Brown T, Lalor A. The movement assessment battery for children-second edition (MABC-2): a review and critique. *Phys Occup Ther Pediatr* 2009 ; 29 : 86-103.

Bruininks RH. *Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency*. Circle Pines, MN : AGS Publishing, 1978.

Bruininks RH, Bruininks BD. *Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency* (2nd ed). Circle Pines, MN : AGS Publishing, 2005.

Brunet O, Lézine I. *Échelle de développement psychomoteur de la première enfance (BLR)*. Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée-Pearson, 2001.

Bundy AC, Lane SJ, Murray EA. *Sensory integration: theory and practice*. Philadelphie : FA Davis, 2002.

Busiah K, Drunat S, Vaivre-Douret L, et al. Neuropsychological dysfunction and developmental defects associated with genetic changes in infants with neonatal diabetes mellitus: a prospective cohort study. *Lancet Diabetes Endocrinol* 2013 ; 1 : 199-207.

Caçola P, Killian M. Health-related quality of life in children with developmental coordination disorder: association between the PedsQL and KIDSCREEN instruments and comparison with their normative samples. *Res Dev Disabil* 2018 ; 75 : 32-9.

Capistrano R, Ferrari EP, Souza LP, et al. Concurrent validation of the MABC-2 motor tests and MABC-2 checklist according to the developmental coordination disorder questionnaire-BR. *Motriz Rev Educ Fís* 2015 ; 21 : 100-6.

Caravale B, Baldi S, Capone L, et al. Psychometric properties of the Italian version of the developmental coordination disorder questionnaire (DCDQ-Italian). *Res Dev Disabil* 2015 ; 36C : 543-50.

Caravale B, Baldi S, Gasparini C, et al. Cross-cultural adaptation, reliability and predictive validity of the Italian version of developmental coordination disorder questionnaire (DCDQ). *Eur J Paediatr Neurol* 2014 ; 18 : 267-72.

Charles M, Soppelsa R, Albaret JM. *BHK – Échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant*. Paris : Éditions du Centre de psychologie appliquée, 2003.

Chen YW, Tseng MH, Hu FC, et al. Psychosocial adjustment and attention in children with developmental coordination disorder using different motor tests. *Res Dev Disabil* 2009 ; 30 : 1367-77.

Chien CW, Bond TG. Measurement properties of fine motor scale of Peabody developmental motor scale-second edition: a Rasch analysis. *Am J Phys Med Rehabil* 2009 ; 88 : 376-86.

Chow SMK, Henderson SE, Barnett AL. The movement assessment battery for children: a comparison of 4-year-old to 6-year-old children from Hong Kong and the United States. *Am J Occup Ther* 2001 ; 55 : 55-61.

Coallier M, Rouleau N, Bara F, et al. Visual-motor skills performance on the Beery-VMI: a study of Canadian kindergarten children. *Open J Occup Ther* 2014 ; 2 : 4.

Connolly BH, McClune N, Gatlin R. Concurrent validity of the Bayley-III and the Peabody developmental motor scale-2. *Pediatr Phys Ther* 2012 ; 24 : 345-52.

- Cornhill H, Case-Smith J. Factors that relate to good and poor handwriting. *Am J Occup Ther* 1996 ; 50 : 732-9.
- Coster W, Deeney T, Haltiwanger J, et al. *School function assessment (SFA)*. San Antonio, TX : Psychological Corporation-Therapy Skill Builders, 1998.
- Crawford SG, Wilson BN, Dewey D. Identifying developmental coordination disorder: consistency between tests. *Phys Occup Ther Pediatr* 2001 ; 20 : 29-50.
- Croce R, Horvat M, McCarthy E. Reliability and concurrent validity of the movement assessment battery for children. *Percept Motor Skills* 2001 ; 93 : 275-80.
- Danna J, Paz-Villagrán V, Velay JL. Signal-to-Noise velocity peaks difference: a new method for evaluating the handwriting movement fluency in children with dysgraphia. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 4375-84.
- Dewey D, Volkovinskaia A. Health-related quality of life and peer relationships in adolescents with developmental coordination disorder and attention-deficit-hyperactivity disorder. *Dev Med Child Neurol* 2018 ; 60 : 711-7.
- Diekema SM, Deitz J, Amundson SJ. Test-retest reliability of the evaluation tool of children's handwriting-manuscript. *Am J Occup Ther* 1998 ; 52 : 248-55.
- Doderer L, Miyahara M. Critical triangulation of a movement test, questionnaires, and observational assessment for children with DCD. *Int J Ther Rehabil* 2013 ; 20 : 435-42.
- Doll EA. *Vineland social maturity scale*. Circle Pines, MN : American Guidance Service, 1965.
- Duff S, Goyen TA. Reliability and validity of the evaluation tool of children's handwriting-cursive (ETCH-C) using the general scoring criteria. *Am J Occup Ther* 2010 ; 64 : 37-46.
- Ellinoudis T, Evaggelina C, Kourtessis T, et al. Reliability and validity of age band 1 of the movement assessment battery for children – second edition. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1046-51.
- Ellis GD, Witt PA. The Leisure diagnostic battery: past, present, and future. *Ther Recreation J* 1986 ; 20 : 31-47
- Engel-Yeger B, Rosenblum S, Josman N. Movement assessment battery for children (MABC): establishing construct validity for Israeli children. *Res Dev Disabil* 2010 ; 31 : 87-96.
- Erez N, Parush S. *The Hebrew handwriting evaluation* (2nd ed). Jérusalem, Israël: School of Occupational Therapy, Faculty of Medicine, Hebrew University of Jerusalem, 1999.
- Erez N, Yochman A, Parush S. *The Hebrew handwriting evaluation*. Jérusalem, Israël: School of Occupational Therapy, Faculty of Medicine, Hebrew University of Jerusalem, 1996.
- Farrokhi A, Zareh ZM, Karimi AL, et al. Reliability and validity of test of gross motor development-2 (Ulrich, 2000) among 3-10 aged children of Tehran City. *J Physic Educ Sport Manag* 2014 ; 5 : 18-28.

Feder KP, Majnemer A. Children's handwriting evaluation tools and their psychometric properties. *Phys Occup Ther Pediatr* 2003 ; 23 : 65-84.

Folio MR, Fewell RR. *Peabody developmental motor scales: examiner's manual*. Austin, TX : Pro-ed, 2000.

Fougeyrollas P, Noreau L, Lepage C. *La mesure des habitudes de vie (Mhavié-Enfant 5-13, 1.0) adaptée aux enfants de 5 à 13 ans. Instrument abrégé*. Lac Saint-Charles, Québec : RIPPH/SCCIDIH, 2003.

Fugl-Meyer AR, Bränholm IB, Fugl-Meyer KS. Happiness and domain-specific life satisfaction in adult Northern Swedes. *Clin Rehab* 1991 ; 5 : 25-33.

Goffer A, Josman N, Rosenblum S. *Do-Eat: performance-based assessment tool for children*. Haïfa, Israël : University of Haifa, 2009.

Griffiths A, Morgan P, Anderson PJ, et al. Predictive value of the movement assessment battery for children – second edition at 4 years, for motor impairment at 8 years in children born preterm. *Dev Med Child Neurol* 2017 ; 59 : 490-6.

Hammill DD, Pearson NA, Voress JK. *Developmental test of visual perception* (3rd ed). Austin, TX : Pro-ed, 2014.

Hamstra-Bletz L, De Bie J, Den Brinker BPLM. *Concise evaluation scale for children's handwriting*. Lisse : Swets & Zeitlinger, 1987.

Henderson SE, Sugden DA. *Movement assessment battery for children*. Londres : The Psychological Corporation Ltd, 1992.

Henderson SE, Sugden DA, Barnett AL. *Movement assessment battery for children-2*. Londres : Harcourt Assessment, 2007.

Holm I, Tveter AT, Aulie VS, et al. High intra- and inter-rater chance variation of the movement assessment battery for children 2, ageband 2. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 795-800.

Hua J, Gu G, Meng W, et al. Age band 1 of the movement assessment battery for children-second edition: exploring its usefulness in mainland China. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 801-8.

Huebner ES. Initial development of the student's life satisfaction scale. *Sch Psychol Int* 1991 ; 12 : 231-40.

Josman N, Goffer A, Rosenblum S. Development and standardization of a Do-Eat activity of daily living performance test for children. *Am J Occup Ther* 2010 ; 64 : 47-58.

Kaiser ML. Children with developmental coordination disorder: the effects of combined intervention on motor coordination, occupational performance, and quality of life. *J Occup Ther Schools Early Interv* 2013 ; 6 : 44-53.

Kaiser ML, Albaret JM, Cantell MH. Assessment of the participation of the children with a developmental coordination disorder (DCD): a review of the questionnaires addressed to parents and/or teachers. *J Child Adolesc Behav* 2015 ; 3 : 2.

Takebeke TH, Egloff K, Caflisch J, *et al.* Similarities and dissimilarities between the movement ABC-2 and the Zurich neuromotor assessment in children with suspected developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 3148-55.

Takebeke TH, Knaier E, Köchli S, *et al.* Comparison between the movement ABC-2 and the Zurich neuromotor assessment in preschool children. *Percept Mot Skills* 2016 ; 123 : 687-701.

Kaplan BJ, Wilson BN, Dewey D, *et al.* DCD may not be a discrete disorder. *Hum Mov Sci* 1998 ; 17 : 471-90.

Kennedy-Behr A, Wilson BN, Rodger S, *et al.* Cross-cultural adaptation of the developmental coordination disorder questionnaire 2007 for German-speaking countries: DCDQ-G. *Neuropediatrics* 2013 ; 44 : 245-51.

Kim S, Kim MJ, Valentini NC, *et al.* Validity and reliability of the TGMD-2 for South Korean children. *J Mot Behav* 2014 ; 46 : 351-6.

King G, Law M, King S, *et al.* *Children's assessment of participation and enjoyment (CAPE) and preferences for activities of children (PAC)*. San Antonio, TX : Harcourt Assessment Inc, 2004.

Kita Y, Suzuki K, Hirata S, *et al.* Applicability of the movement assessment battery for children-second edition to Japanese children: a study of the age band 2. *Brain Dev* 2016 ; 38 : 706-13.

Korkman M, Kirk U, Kemp S. *Bilan neuropsychologique de l'enfant (NEPSY)*. Paris : Éditions du centre de psychologie appliquée, 2003.

Koziatek SM, Powell NJ. A validity study of the evaluation tool of children's handwriting-Cursive. *Am J Occup Ther* 2002 ; 56 : 446-53.

Lane H, Brown T. Convergent validity of two motor skill tests used to assess school-age children. *Scand J Occup Ther* 2015 ; 22 : 161-72.

Largo RH, Fischer JE, Caflisch JA. *Zurich neuromotor assessment*. Zurich : AWE Verlag, 2002.

Largo RH, Rousson V, Caflisch JA, *et al.* *Zurich neuromotor assessment*. Zurich : AWE Verlag, 2007.

Larke D, Campbell A, Jensen L, *et al.* Responsiveness of clinical and laboratory measures to intervention effects in children with developmental coordination disorder. *Pediatr Phys Ther* 2015 ; 27 : 44-51.

Leemrijse C, Meijer OG, Vermeer A, *et al.* Detecting individual change with mild to moderate motor impairment: the standard error measurement of the movement ABC. *Clin Rehabil* 1999 ; 13 : 420-9.

Lemétayer F, Gueffier M. Évaluation de la qualité de vie des enfants et des adolescents avec une déficience intellectuelle pris en charge dans un institut spécialisé. *Revue Francophone de la Déficience Intellectuelle* 2006 ; 17 : 65-77.

Lucas BR, Latimer J, Doney R, *et al.* The Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency-short form is reliable in children living in remote Australian Aboriginal communities. *BMC Pediatr* 2013 ; 13 : 135.

- Manificat S, Dazord A. Évaluation de la qualité de vie de l'enfant : validation d'un questionnaire, premiers résultats. *Expansion Scientifique Française* 1997 ; 45 : 106-14.
- Marquet-Doléac J, Soppelsa R, Albaret JM. *Batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant – 2^e ed (MABC-2) – Adaptation française*. Montreuil : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 2016.
- Marquet-Guillois M, Lespargot A, Truscelli D. Les lenteurs de l'écriture. *Motricité Cérébrale* 1981 ; 2 : 69-75.
- Martini R, Wilson BN. *Questionnaire sur le trouble de l'acquisition de la coordination (QATC)*. Mars 2012.
- Martini R, St-Pierre MF, Wilson BN. French Canadian cross-cultural adaptation of the developmental coordination disorder questionnaire 07 : DCDQ-FC. *Can J Occup Ther* 2011 ; 78 : 318-27.
- Matta Abizeid C, Tabsh Nakib A, Younès Harb C, *et al.* Handwriting in Lebanese bigraphic children: standardization of the BHK Scale. *J Occup Ther Schools Early Interv* 2017 ; 10 : 420-35.
- McCarron LT. *MAND : McCarron assessment of neuromuscular development. Fine and gross motor abilities* (rev. ed). Dallas, TX : McCarron-Dial Systems Inc, 1982.
- McCarron LT. *McCarron assessment of neuromuscular development* (3rd ed). Dallas, TX : McCarron-Dial Systems Inc, 1997.
- Missiuna C, Pollock N, Law M. *PEGS: the perceived efficacy and goal setting system manual*. San Antonio, TX : Harcourt Assessment, 2004
- Missiuna C, Rivard L, Bartlett D. Exploring assessment tools and the target of intervention for children with developmental coordination disorder. *Phys Occup Ther Pediatr* 2006 ; 26 : 71-89.
- Organisation mondiale de la santé (OMS). *The World Health Organization quality of life (WHOQOL)*. Genève : OMS, 1998.
- Pannekoek L, Rigoli D, Piek JP, *et al.* The revised DCDQ: is it a suitable screening measure for motor difficulties in adolescents. *Adapt Phys Activ Q* 2012 ; 29 : 81-97.
- Parmar A, Kwan M, Rodriguez C, *et al.* Psychometric properties of the DCD-Q-07 in children ages to 4-6. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 330-9.
- Philippe A, Boddaert N, Vaivre-Douret L, *et al.* Neurobehavioral profile and brain imaging study of 22q13.3 deletion syndrome. *Pediatrics* 2008, 122 : 376-82.
- Pisella L, André V, Gavault E, *et al.* A test revealing the slow acquisition and the dorsal stream substrate of visuo-spatial perception. *Neuropsychologia* 2013 ; 51 : 106-13.
- Poulsen AA, Barker FM, Ziviani J. Personal projects of boys with developmental coordination disorder. *OTJR: Occupation, Participation and Health* 2011 ; 31 : 108-17.
- Przysucha EP, Maraj BK. Movement coordination in ball catching: comparison between boys with and without developmental coordination disorder. *Res Q Exerc Sport* 2010 ; 81 : 152-61.

- Przysucha EP, Maraj BK. Nature of spatial coupling in children with and without developmental coordination disorder in ball catching. *Adapt Phys Activ Q* 2013 ; 30 : 213-34.
- Psotta R, Abdollahipour R. Factorial validity of the movement assessment battery for children-2nd edition (MABC-2) in 7-16-year-olds. *Percept Mot Skills* 2017 ; 124 : 1051-68.
- Ravens-Sieberer U, Bullinger M. Assessing health-related quality of life in chronically ill children with the German KINDL: first psychometric and content analytical results. *Qual Life Res* 1998 ; 7 : 399-407.
- Ravens-Sieberer U, Gosch A, Abel T, et al. Quality of life in children and adolescents: a European public health perspective. *Sozial- und Präventivmedizin* 2001 ; 46 : 294-302.
- Reisman JE. Development and reliability of the research version of the Minnesota handwriting test. *Phys Occup Ther Pediatr* 1993 ; 13 : 41-55.
- Reisman JE. *Minnesota handwriting assessment manual*. San Antonio, TX : Harcourt Assessment Inc., 1999.
- Reuchlin M. *Psychologie*. Paris : PUF, 1991.
- Riddoch MJ, Humphreys GW. *BORB : Birmingham Object Recognition Battery*. Hove : Lawrence Erlbaum Associates, 1993.
- Rogé B. *Manuel de l'échelle de développement moteur de Lincoln-Oseretsky*. Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 1984.
- Rosenberg L, Jarus T, Bart O. Development and initial validation of the children participation questionnaire (CPQ). *Disabil Rehabil* 2010 ; 32 : 1633-44.
- Rosenblum S. The development and standardization of the children activity scales (ChAS-P/T) for the early identification of children with developmental coordination disorders. *Child Care Health Dev* 2006 ; 32 : 619-32.
- Rosenblum S. Do motor ability and handwriting kinematic measures predict organizational ability among children with developmental coordination disorders? *Hum Mov Sci* 2015 ; 43 : 201-15.
- Rosenblum S, Dvorkin AY, Weiss PL. Automatic segmentation as a tool for examining the handwriting process of children with dysgraphic and proficient handwriting. *Hum Mov Sci* 2006 ; 25 : 608-21.
- Rosenblum S, Livneh-Zirinski M. Handwriting process and product characteristics of children diagnosed with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 200-14.
- Rosenblum S, Parush S, Weiss PL. Computerized temporal handwriting characteristics of proficient and non-proficient writers. *Am J Occup Ther* 2003a ; 57 : 129-38.
- Rosenblum S, Weiss PL, Parush S. Product and process evaluation of handwriting difficulties. *Educ Psychol Rev* 2003b ; 15 : 41-81.

Rousson V, Gasser T, Caflisch J, *et al.* Reliability of the Zurich neuromotor assessment. *Clin Neuropsychol* 2008 ; 22 : 60-72

Rubin KH. *Play observation scale*. College Park : Center for Children, Relationships and Culture (University of Maryland), 2001.

Schoemaker MM, Niemeijer AS, Flapper BC, *et al.* Validity and reliability of the movement assessment battery for children-2 checklist for children with and without motor impairments. *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 368-75.

Schulz J, Henderson SE, Sugden DA, *et al.* Structural validity of the movement ABC-2 test: factor structure comparisons across three age groups. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1361-9.

Simons J, Daly D, Theodorou F, *et al.* Validity and reliability of the TGMD-2 in 7-10-year-old Flemish children with intellectual disability. *Adapt Phys Activ Q* 2008 ; 25 : 71-82.

Smits-Engelsman BC, Fiers MJ, Henderson SE, *et al.* Interrater reliability of the movement assessment battery for children. *Phys Ther* 2008 ; 88 : 286-94.

Smits-Engelsman BC, Niemeijer AS, Van Waelvelde H. Is the movement assessment battery for children-2nd edition, a reliable instrument to measure motor performance in 3 year old children? *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1370-7.

Soppelsa R, Albaret JM. *Manuel de la batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant*. Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 2004.

Soppelsa R, Albaret JM. Évaluation de l'écriture chez l'adolescent. *Le BHK Ado. Psychomotricité* 2012 ; 66-77.

Soppelsa R, Albaret JM. *TGMD-2 : test de développement de la motricité globale* (2^e ed). Paris : Hogrefe, 2018.

Sparrow S, Cicchetti D, Balla D. *Vineland adaptive behavior scales, second edition (Vineland-II)*. Edmond, Alb : Pearson Education Inc, 2005.

Spironello C, Hay J, Missiuna C, *et al.* Concurrent and construct validation of the short form of the Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency and the movement-ABC when administered under field conditions: implications for screening. *Child Care Health Dev* 2010 ; 36 : 499-507.

Tan SK, Parker HE, Larkin D. Concurrent validity of motor tests used to identify children with motor impairment. *Adapt Phys Activ Q* 2001 ; 18 : 168-82.

Tavasoli A, Azimi P, Montazari A. Reliability and validity of the Peabody developmental motor scales-second edition for assessing motor development of low birth weight preterm infants. *Pediatr Neurol* 2014 ; 51 : 522-6.

Ulrich DA. *Test of gross motor development*. TX : Pro-ed, 1985.

Ulrich DA. *Test of gross motor development* (2nd ed). TX : Pro-ed, 2000.

Vaivre-Douret L. *Précis théorique et pratique du développement moteur du jeune enfant : DF-MOT normes et dispersions*. Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 2004.

Vaivre-Douret L. Une nouvelle échelle française d'évaluation du développement moteur du jeune enfant (0-4 ans) : repères pour la clinique et la recherche. *Devenir* 2003 ; 15 : 179-89.

Vaivre-Douret L. Un outil normé pour l'évaluation des fonctions neuro-psychomotrices de l'enfant : la batterie NP-MOT. *ANAE* 2006 ; 18 : 237-40.

Valentini NC. Validity and reliability of the TGMD-2 for Brazilian children. *J Mot Behav* 2012 ; 44 : 275-80.

Van Dellen T, Kalverboer AF. *Groninger motorische observatielijst (Groningen motor observation scale)*. Groningen, Laboratory for Experimental Psychology, Groningen State University, 1990.

Van der Linde BW, Van Netten JJ, Otten BE, *et al.* Psychometric properties of the DCDDaily-Q: a new parental questionnaire on children's performance in activities of daily living. *Res Dev Disabil* 2014a ; 35 : 1711-9.

Van der Linde BW, Van Netten JJ, Schoemaker MM. *DCDDaily-Q: questionnaire measuring ADL in 5-8 year old children*. 2014b ; consulté le 18 février 2019 sur la page http://dcddaily.com/assets/dcddaily-q_uk-version_feb2018.pdf.

Van Hartingsveldt MJ, Cup EH, Oostendorp RA. Reliability and validity of the fine motor scale of the Peabody developmental motor scales-2. *Occup Ther Int* 2005 ; 12 : 1-13.

Van Waelvelde H, Peersman W, Lenoir M, *et al.* Convergent validity between two motor tests: movement-ABC and PDMS-2. *Adapt Phys Activ Q* 2007a ; 24 : 59-69.

Van Waelvelde H, Peersman W, Lenoir M, *et al.* The reliability of the movement assessment battery for children for preschool children with mild to moderate motor impairment. *Clin Rehabil* 2007b ; 21 : 465-70.

Van Waelvelde H, Peersman W, Lenoir M, *et al.* The movement assessment battery for children: similarities and differences between 4- and 5-year-old children from Flanders and the United States. *Pediatr Phys Ther* 2008 ; 20 : 30-8.

Varni JW, Seid M, Kurtin PS. PedsQL 4.0: reliability and validity of the pediatric quality of life Inventory version 4.0 generic core scales in healthy and patient populations. *Med Care* 2001 ; 39 : 800-12.

Venetsanou F, Kambas A, Aggeloussis N, *et al.* Motor assessment of preschool aged children: a preliminary investigation of the validity of the Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency – short form. *Hum Mov Sci* 2009 ; 28 : 543-50.

Warrington EK, James M. *The Visual object and space perception battery*. Bury St Edmunds : Thames Valley Test Company, 1991.

Watter P, Rodger S, Marinac J, *et al.* Multidisciplinary assessment of children with developmental coordination disorder: using the ICF framework to inform assessment. *Phys Occup Ther Pediatr* 2008 ; 28 : 331-52.

Wilson BN, Crawford SG, Green D, *et al.* Psychometric properties of the revised developmental coordination disorder questionnaire. *Phys Occup Ther Pediatr* 2009 ; 29 : 182-202.

Wilson BN, Creighton D, Crawford SG, *et al.* Psychometric properties of the Canadian little developmental coordination disorder questionnaire for preschool children. *Phys Occup Ther Pediatr* 2015 ; 35 : 116-31.

Wilson BN, Kaplan BJ, Crawford SG, *et al.* Reliability and validity of a parent questionnaire on childhood motor skills. *Am J Occup Ther* 2000 ; 54 : 484-93.

Wuang YP, Su JH, Su CY. Reliability and responsiveness of the movement assessment battery for children-second edition test in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 160-5.

Young NL, Williams JI, Yoshida KK, *et al.* Measurement properties of the activities scale for kids. *J Clin Epidemiol* 2000 ; 53 : 125-37.

Zeltzer L. *The school-assessment of motor and process skills (School AMPS)*. Fort Collins, CO : Center for Innovative OT Solutions, 2010.

V

Interventions
et remédiations

15

Interventions

Les interventions auprès des personnes présentant un TDC couvrent un certain nombre d'activités à visée thérapeutique ou compensatoire parfois aussi appelées activités de rééducation, de remédiation ou de compensation destinées directement à la personne concernée ou même des prestations indirectes visant des modifications de son entourage.

Dans ce chapitre, après avoir précisé les caractéristiques générales et les designs des études sur l'efficacité des interventions et les moyens d'évaluation de l'efficacité, nous présenterons les principaux facteurs influençant l'efficacité des interventions. Nous traiterons ensuite des résultats d'évaluation des interventions à partir d'une classification des interventions basée sur la *Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé : version pour enfants et adolescents* (CIF-EA) de l'Organisation mondiale de la santé (2012). Cette classification des approches a été réalisée en considérant non seulement le type d'interventions, mais également les mesures de résultats. Nous avons appliqué cette classification au TDC car elle met en exergue le rôle de l'activité et la participation sociale qui sont considérées comme les ultimes buts de toute intervention, permettant ainsi d'apporter une compréhension de manière systémique des interactions entre les différents facteurs environnementaux, personnels et organiques (fonctions). Pour l'analyse, sont ainsi distinguées trois catégories d'interventions qui visent principalement l'amélioration (1) des fonctions, (2) des fonctions et des activités, ou (3) des activités et de la participation.

Dans les différentes études recensées, les interventions sont dispensées soit par les chercheurs, soit par des professionnels. En fonction des pays, les profils et le type de professionnels, ainsi que leurs rôles et statuts, peuvent varier. Les praticiens les plus couramment cités sont les professionnels de l'activité physique, les ergothérapeutes, les kinésithérapeutes et les psychomotriciens. La classification des interventions s'est faite indépendamment de ce facteur « profession ».

Design des études et classifications des interventions

Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé : version pour enfants et adolescents (CIF-EA)

La CIF-EA est un modèle permettant de comprendre une maladie ou un trouble dans une perspective systémique. Elle introduit une différence entre les fonctions, l'activité et la participation qui correspond à « l'implication d'une personne dans la vie réelle » (Organisation mondiale de la santé, 2012, p. 10). Elle modélise l'influence des facteurs environnementaux et personnels. Elle différencie, parmi les premiers, les facteurs individuels et les facteurs sociétaux. Pour l'enfant, les facteurs individuels correspondent à son environnement de vie proche tels que la famille, l'école, les pairs. Les facteurs sociétaux regroupent, par exemple, le fonctionnement de l'école, les espaces de jeux publics ou les offres de loisirs. Les facteurs personnels sont, notamment, l'âge, le genre ou la capacité d'adaptation. La figure 15.1 illustre la compréhension qu'offre la CIF-EA du TDC et donne des exemples dans les différentes catégories.

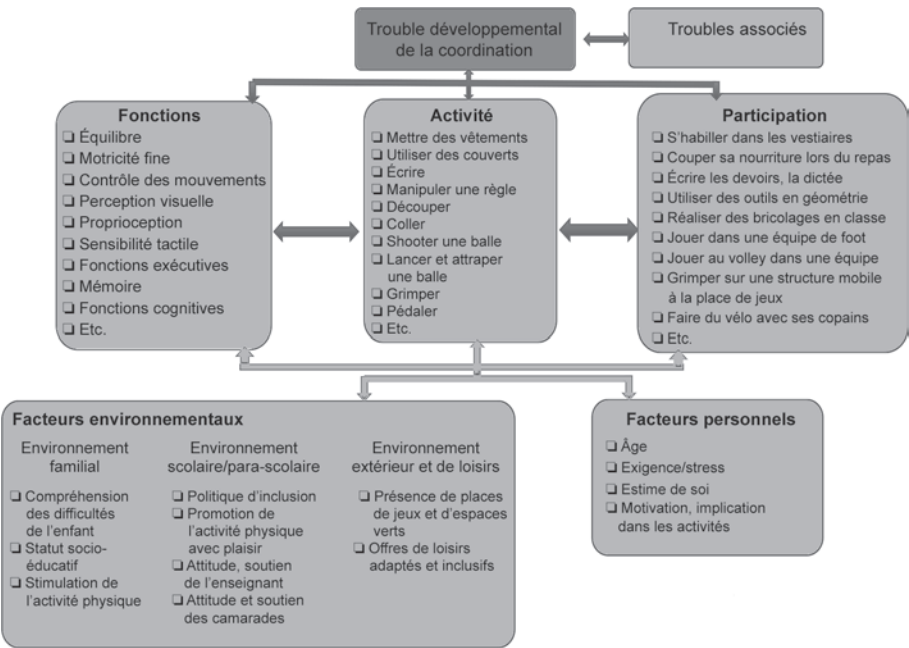


Figure 15.1 : Analyse du trouble développemental de la coordination avec la CIF-EA (Kaiser, 2017)

Description générale de l'ensemble de la littérature analysée

Design des études et mesures de l'efficacité des interventions

La littérature scientifique retenue est largement anglo-saxonne. La population étudiée correspond en général à des enfants entre 6 et 12 ans. Le diagnostic de TDC n'est pas toujours établi sur la base des critères du DSM ou de la CIM. Dans la plupart des études, le premier critère du DSM-IV ou du DSM-5 est retenu. De plus, les troubles associés ne sont pas systématiquement identifiés. Dès lors, les profils des enfants peuvent varier fortement en fonction des études. Rares sont celles qui analysent l'efficacité auprès de plus jeunes enfants, car le diagnostic ne pouvait pas être posé pour des enfants entre 3 et 5 ans jusqu'à la publication des lignes directrices européennes sur le TDC en 2012 (Blank et coll., 2012). De plus, très peu d'études concernant les adolescents et les adultes avec un TDC ont été réalisées.

Le design des études varie notamment en fonction du lieu de recrutement des enfants. Les études contrôlées randomisées (ECR) sont plus fréquentes dans le cadre scolaire, les enfants sont alors recrutés sur la base de résultats à un test de motricité, que dans un centre clinique. De plus, les ECR sont fréquemment réalisées avec des interventions de groupe et le nombre de participants est alors plus élevé que dans les études effectuées dans un centre. Cette différence s'explique probablement par le fait qu'il est plus difficile et plus coûteux de réaliser des ECR avec des enfants adressés en clinique. De plus, constituer un groupe contrôle ne bénéficiant pas d'intervention peut poser des questions éthiques.

Les interventions réalisées dans le cadre scolaire sont très largement des programmes visant l'amélioration de la motricité. Tandis qu'en clinique, les interventions varient et visent plus fréquemment l'amélioration de la participation. Très peu d'études analysent l'efficacité des interventions de compensation visant à pallier les difficultés de l'enfant dans le cadre scolaire notamment.

L'efficacité des interventions peut être évaluée par des mesures standardisées (tableau 15.I) des habiletés motrices, de la coordination, des mesures cardiovasculaires ou de l'intégration visuo-motrice. L'efficacité est alors mesurée au niveau des fonctions corporelles selon la CIF-EA. Au niveau des activités, nous trouvons des évaluations objectives, comme les bilans d'écriture et le *DCDdaily test* qui évalue la performance en activité, et des évaluations subjectives, comme des questionnaires validés qui s'adressent soit à l'enfant, soit à ses parents et/ou à son enseignant, tels que le *DCD-Q* (Wilson et coll., 2009) ou le *DCDdailyQ* (Van der Linde et coll., 2014). Au niveau de la participation, nous identifions le questionnaire destiné aux parents et/ou

enseignants « Mesure de la participation et de l'environnement » (Coster et coll., 2012). Dans la majorité des études visant à objectiver l'efficacité d'une ou des interventions, les mesures d'efficacité sont réalisées avant et après les interventions, mais une mesure de suivi n'est que rarement réalisée après la fin de l'intervention. Il est par conséquent difficile de pouvoir considérer la question du maintien des progrès.

Comme le montre le tableau 15.I, la majorité des mesures d'efficacité porte sur la coordination motrice avec la MABC, donc sur des fonctions. Par conséquent, il manque des études qui évaluent la participation. Or, une progression au niveau des fonctions ne signifie pas toujours une amélioration au niveau des activités ou de la participation (Kaiser, 2013 ; Thornton et coll., 2016). Dans la perspective de la CIF-EA, le plus important pour l'enfant est de réaliser des activités qu'il estime importantes et qu'il puisse reproduire dans son environnement de vie (Thornton et coll., 2016).

Facteurs influençant l'efficacité des interventions

Dans cette partie, nous avons identifié des facteurs personnels et environnementaux ainsi que des modalités des interventions qui peuvent influencer l'efficacité de ces dernières, quel qu'en soit le type.

Le profil des enfants retenus peut jouer un rôle. En effet, certaines études identifient les enfants dans le cadre scolaire sur la base d'un premier signalement des enseignants, puis sur des résultats inférieurs à la moyenne (-1 écart-type) d'un test de motricité. Dans d'autres études, des enfants d'une école passent directement un test de la motricité, et sont alors retenus ceux qui ont un résultat inférieur (-1 écart-type). Ces enfants sont identifiés comme étant à risque de développer un TDC ou probable TDC (Coverdale et coll., 2012), car l'ensemble des critères diagnostiques du DSM-IV-TR ou du DSM-5 n'ont pas été respectés. Nous verrons ultérieurement qu'en général les études réalisées avec des enfants repérés dans le cadre scolaire obtiennent des résultats d'amélioration après une intervention en groupe de courte durée. Il est probable que les enfants avec un trouble léger de coordination motrice progressent plus rapidement que ceux qui ont un trouble sévère et/ou un trouble associé.

Dans cette perspective, Pless et coll. (2000) ont analysé l'effet d'une intervention visant l'amélioration des habiletés fondamentales auprès d'un groupe d'enfants âgés entre 5 et 6 ans. Les auteurs ont mis en évidence que parmi les 8 enfants qui ont un score inférieur au 5^e percentile à la MABC, un seul passe d'un score sévère à un score limite (6^e à 15^e percentile), tandis que

parmi les 8 enfants présentant un score limite, 7 ont un score supérieur au 15^e percentile après l'intervention.

Green et coll. (2008) se sont également intéressés à la progression en fonction des profils d'enfants suite à une intervention de 20 séances avec l'approche *Cognitive orientation to Occupational Performance* (CO-OP). Ils ont réalisé les évaluations suivantes : MABC, *Beery Visual Motor Integration* (Beery-VMI), une épreuve d'acuité kinesthésique, le *Clinical Observations of Motor and Postural Skills* permettant d'identifier des signes neurologiques doux indiquant un dysfonctionnement neurologique. Le groupe d'enfants qui présentent de faibles scores à l'ensemble de ces mesures ont tendance à avoir une progression moins importante à la MABC que les autres. En revanche, les sujets présentant de bonnes compétences verbales ont une progression plus importante que les autres. Ce constat peut se comprendre dans la mesure où l'approche CO-OP nécessite de mémoriser des stratégies verbales.

Outre le profil des enfants, la fréquence et la durée des interventions peuvent également jouer un rôle. Une consultation hebdomadaire semble être plus efficace qu'une consultation plus espacée (Bayona et coll., 2006). Une intervention très courte (4 à 8 séances) auprès d'enfants présentant un diagnostic de TDC semble moins efficace (Niemeijer et coll., 2007) qu'une intervention plus longue (12 à 16 séances) (Niemeijer et coll., 2007 ; Jelsma et coll., 2013).

Nous pouvons encore identifier la participation des parents au programme d'intervention comme facteur très important d'amélioration. En effet, ils peuvent ainsi stimuler et soutenir l'enfant pour qu'il réalise des activités, afin d'encourager le transfert dans la vie de tous les jours des compétences développées dans le cadre d'une intervention. Zwicker et coll. (2015) font ce constat dans leur étude qui visait à mesurer l'efficacité d'un camp d'une durée de deux semaines avec l'approche CO-OP. Les enfants ont progressé dans les activités qu'ils ont pratiquées et qui ont été mesurées avec la Mesure canadienne du rendement occupationnel (MCRO). En revanche, aucune progression à un test qui mesure la participation (*Children's Assessment of Participation and Enjoyment*) n'a été observée trois mois après la fin du camp. Zwicker et coll. (2015) font ainsi l'hypothèse que l'absence de la participation des parents durant ce camp n'a pas permis de soutenir le maintien des acquis. Dans la même perspective, Dunford (2011) relève que lors d'une intervention intensive sur deux semaines, les enfants ont moins l'occasion de faire des transferts des acquis dans les activités de la vie quotidienne.

Classification des interventions

Une absence de consensus sur les classifications dans la littérature

Nous avons retenu la CIF-EA pour l'analyse de l'influence des interventions sur les fonctions, les activités ou la participation. Elle va nous permettre de repenser la classification souvent dichotomique dans la littérature scientifique. Cette question de la classification est importante, car actuellement il n'existe aucun consensus dans la littérature scientifique. En effet, nous retrouvons dans la littérature des approches centrées sur les fonctions, et d'autres centrées sur la tâche ou l'activité. Les premières correspondent à des approches *bottom-up*, car elles visent l'amélioration de fonctions ou des processus sous-jacents à la réalisation d'activités (Smits-Engelsman et Hill, 2012). L'approche la plus citée dans cette catégorie est l'intégration sensorielle de Jean Ayres (1972), qui a fait l'hypothèse qu'une meilleure intégration des sensations améliorerait le fonctionnement neurologique et, par conséquent, la réalisation d'activités. Quant aux approches centrées sur la tâche ou l'activité, elles renvoient à des approches *top-down* car elles visent un entraînement direct des activités. L'approche CO-OP (Polatajko et coll., 2001a et 2001b) est en général citée comme approche centrée sur l'activité, car elle propose des stratégies cognitives pour pallier les difficultés de réalisation des activités.

Nous avons pu identifier des ambiguïtés (tableau 15.I) dans la classification des approches dans ces deux grandes catégories « approche centrée sur les fonctions » et « approche centrée sur l'activité ». La première ambiguïté porte sur les approches *bottom-up* qui sont parfois nommées « centrées sur le processus » (Wilson, 2005), « centrée sur les fonctions » (Smits-Engelsman et coll., 2013) ou encore « orientée sur le processus ou le déficit (fonction déficitaire) » (Sugden, 2007). Cette terminologie variée sous-tend des hypothèses différentes. Dans les approches centrées sur les fonctions, le principe est de stimuler la ou les fonctions déficitaires pour améliorer la réalisation de mouvements ou d'activités. Dans les approches centrées sur le processus, les auteurs font en général l'hypothèse que le fait de procurer des stimulations vestibulaires ou proprioceptives, par exemple, pourra améliorer le processus neurologique. La deuxième ambiguïté porte sur les approches *top-down*. Nous trouvons dans la littérature, les approches « centrées sur la tâche » (Smits-Engelsman et Hill, 2012 ; Preston et coll., 2017), les approches « centrées sur les habiletés spécifiques » (*Specific skills approach*, Pless et Carlsson, 2000) et les approches « centrées sur les capacités fonctionnelles » (Sugden, 2007). Pour Smits-Engelsman et Hill (2012), le but des approches centrées sur la tâche est la performance motrice et l'apprentissage d'activités motrices. Pour Preston et coll. (2017), le but est l'amélioration d'habiletés motrices, comme

par exemple l'amélioration de l'équilibre qui est une fonction. Le constat peut être quasi identique lorsque Pless et Carlsson (2000) se réfèrent à une approche centrée sur les habiletés spécifiques et donnent pour exemple le lancer d'une balle. Nous pouvons donc constater que dans ces exemples, il n'est pas ou peu question d'activités significatives et de participation au sens de la CIF. L'amélioration d'une fonction comme l'équilibre ou mentionnée dans plusieurs études classées dans la catégorie « centrée sur la tâche » montre qu'il s'agit clairement d'une fonction et non d'une activité.

Si la distinction entre deux grandes catégories est le plus souvent citée, certains auteurs (Pless et Carlsson, 2000 ; Wilson, 2005) distinguent trois catégories. La première est l'approche centrée sur les capacités générales visant l'amélioration de la motricité globale et fine et/ou des systèmes perceptifs comme les stimulations kinesthésiques. Cette approche est en général appelée perceptivo-motrice. La deuxième catégorie est l'intégration sensorielle, et la troisième est l'approche centrée sur les habiletés spécifiques.

Pour conclure cette partie, la définition des approches ne fait pas l'objet d'un consensus et la classification des approches en deux grandes catégories, « centrée sur le processus ou sur les déficits » et « centrée sur la tâche ou les habiletés spécifiques », n'est pas clairement définie.

Classification des approches dans deux méta-analyses, résultats et limitations méthodologiques

Pless et Carlsson (2000) ont réalisé une méta-analyse afin d'analyser l'efficacité des interventions. Cette revue a intégré des approches visant l'amélioration des capacités motrices. Les mesures de résultats se focalisent sur les capacités motrices ou sensorielles et, dans de rares études, sur l'écriture. Les études contrôlées ont porté sur des enfants présentant un TDC, un problème moteur, une maladresse motrice ou un dysfonctionnement de l'intégration sensorielle. Ils ne présentaient pas de retard mental ni de retard dans la scolarité, pas de trouble neurologique, de la vision ou de l'audition. Les auteurs ont classé les approches en trois types : centrée sur les capacités générales ; intégration sensorielle ; centrée sur les habiletés spécifiques.

Dans les approches centrées sur les capacités générales, les auteures ont inclus des approches perceptivo-motrices stimulant soit les fonctions kinesthésiques ou visuelles et motrices. Elles sont en fait très diverses, allant de l'effet de la physiothérapie avec des enfants maladroits (Schoemaker et Kalverboer, 1994) à un programme de stimulations kinesthésiques ou des techniques sensorimotrices (Watter et Bullock, 1987).

Tableau 15.1 : Définition des approches *bottom-up* et *top-down*

Référence	Approches <i>bottom-up</i>		Centrées sur les fonctions	Approches <i>top-down</i>	Tâche Capacités fonctionnelles
	Centrées sur les processus	Capacités générales			
Preston et coll., 2017				Amélioration de l'équilibre	
Smits-Engelsman et Hill, 2012	Thérapie d'intégration sensorielle Stimulation kinesthésique		Amélioration de fonctions déficitaires comme la force ou la stabilité posturale		Neuromotor task training Cognitive orientation to occupational performance (CO-OP) Imagerie motrice Entraînement de tennis de table
Pless et Carlsson, 2000		Approches perceptivo-motrices Stimulations kinesthésiques Techniques sensorimotrices		Entraînement de lancer de balles Programme d'écriture multi-sensoriel	
Sugden, 2007	Amélioration du processus neurologique (intégration sensorielle)				Enseignement d'activités de la vie quotidienne

Dans les approches centrées sur les habiletés spécifiques, les auteures ont inclus trois études. La première, de Revie et Larkin (1993), a évalué l'efficacité d'une intervention en groupe pour entraîner le lancer de balles par-dessus l'épaule et le sautillerment et celle d'une autre intervention pour entraîner le viser avec un pied et le lancer et attraper au volley-ball. Les deux groupes ont progressé. La deuxième étude, de Lockart et Law (1994), a mesuré l'efficacité d'un programme d'écriture multi-sensoriel. Ils n'ont pas trouvé d'amélioration de la qualité de l'écriture pour trois des quatre enfants inclus dans l'étude. La troisième étude, de Marchiori et coll. (1987), a analysé l'efficacité d'un entraînement de lancers au hockey réalisé auprès de deux enfants. Les auteurs n'ont pas pu mettre en évidence une amélioration significative. Sur la base des résultats de ces trois études, les auteurs concluent que les approches centrées sur les habiletés spécifiques seraient plus efficaces que les approches centrées sur les capacités générales ou l'intégration sensorielle. Toutefois, les trois études présentent des limitations méthodologiques importantes comme le nombre de sujets, des mesures de résultats non standardisées et des résultats peu concluants.

En outre, Ehlinger (2017) a analysé la méthodologie de cette méta-analyse et elle estime que « la méthode de synthèse des estimations de chaque étude en une seule estimation n'est pas une méta-analyse au sens strict puisque toutes les études ont le même poids dans le calcul ». Elle pointe également le fait que les auteurs ne présentent « pas d'estimation de l'hétérogénéité entre les études et qu'aucun intervalle de confiance n'est donné ». Le niveau de preuve de ces résultats est par conséquent faible. L'efficacité plus grande des approches centrées sur les habiletés spécifiques est donc remise en question eu égard aux différentes limitations identifiées.

Dans leur revue de littérature et méta-analyse sur l'efficacité des interventions pour améliorer les performances motrices, Smits-Engelsman et coll. (2013) ont différencié quatre approches : approche centrée sur les processus, approche centrée sur les tâches, approche classique d'ergothérapie ou de psychomotricité, et approche classique de kinésithérapie. Ils ont retenu des études qui avaient utilisé un test standardisé comme mesure de la variable dépendante (mesure de résultats). La majorité ont employé majoritairement la Batterie d'évaluation du mouvement (MABC-1 ou MABC-2) ; les autres études ont utilisé différents tests évaluant la motricité ou la sensibilité kinesthésique ou, pour l'écriture, soit le test *Concise Assessment Method for Children's Handwriting*, soit la version anglaise du BHK.

Dans les approches centrées sur la tâche, ils ont inclus quatre approches très différentes : les approches *Neuromotor Task training* (NTT) et CO-OP, l'imagerie motrice et une étude de Tsai et coll. (2009) portant sur un

entraînement au ping-pong. Dans les approches orientées sur le processus, les auteurs ont classé l'intégration sensorielle (activités sur des engins mobiles stimulant notamment le système vestibulaire) et l'entraînement kinesthésique (activités procurant des stimulations kinesthésiques plus importantes). Ils n'ont pas défini les approches comprises dans les approches d'ergothérapie ou de psychomotricité ni dans les approches de kinésithérapie.

Ils analysent que les approches NTT et CO-OP ont une ampleur de l'effet de bon niveau. Ils relèvent toutefois que les enfants doivent avoir de bonnes compétences verbales pour bénéficier de l'approche CO-OP. Ils soulignent par ailleurs que l'imagerie motrice n'a pas suffisamment été étudiée pour affirmer son efficacité. L'ampleur de l'effet est également bonne dans les approches traditionnelles d'ergothérapie ou de psychomotricité et de physiothérapie, mais faible pour les approches *bottom-up*.

Cette méta-analyse comporte elle aussi des faiblesses, car la qualité méthodologique de chaque étude n'est pas évaluée. Ehlinger (2017) relève également que : « Les moyennes et écarts-types de chaque étude, et la différence moyenne standardisée entre les groupes, ne sont pas présentés et l'hétérogénéité entre les études n'est quasiment pas examinée ou discutée. »

Miyahara et coll. (2017a et 2017b) ont également constaté des confusions au niveau de la classification des études dans ces deux méta-analyses, ils ont estimé que les conclusions concernant non seulement ces deux méta-analyses, mais également deux revues systématiques (Miyahara et Möbs, 1995 ; Hillier, 2007) avaient un niveau de preuve faible.

Dans les études recensées (classiques ou méta-analyses), la référence à la CIF n'est pas fréquente et la différence entre les fonctions et les activités est parfois peu claire. Par exemple, exercer l'équilibre statique sans but ne constitue pas une activité, mais bien une fonction. Les études référencées portent majoritairement sur des interventions motrices basées sur des programmes ou méthodes spécifiques. Elles sont peu centrées sur les besoins de l'enfant dans sa vie quotidienne. De plus, peu d'études intègrent une mesure de suivi, ce qui ne permet pas d'affirmer l'efficacité des interventions sur le long terme.

Nous pouvons conclure à ce stade qu'il n'est pas possible d'affirmer la supériorité d'une grande catégorie d'approches, compte tenu d'une distinction peu claire entre « approche centrée sur les fonctions » et « approche centrée sur la tâche », d'une confusion de classification des approches, d'une méthodologie des deux méta-analyses peu rigoureuses, voire peu pertinente pour celle de Pless et Carlsson (2000).

Résultats des études mesurant l'efficacité des interventions

Ce chapitre vise à faire état de la littérature concernant les interventions et leur efficacité. Nous avons identifié différentes modalités d'intervention dans la littérature scientifique. Elles peuvent être dispensées en groupe, en individuel ou de manière indirecte que ce soit des interventions auprès des enseignants, des parents, des éducateurs ou des coaches.

Comme évoqué précédemment, nous les avons classifiées selon la CIF-EA. Nous débiterons par les résultats d'études mesurant l'efficacité des interventions en groupe visant l'amélioration des fonctions, puis des interventions en individuel. Ensuite, nous traiterons des approches visant l'amélioration des fonctions et des activités et enfin celles qui ont pour but l'amélioration des activités et de la participation. Enfin, nous aborderons les modèles qui intègrent à la fois des éléments de communication, de prestations directes et indirectes destinées aux parents et/ou enseignants pour améliorer leurs compétences dans l'interaction et la stimulation des enfants avec un TDC.

Interventions visant l'amélioration des fonctions

Interventions en groupe

- **Résultats d'études contrôlées sans intervention du groupe contrôlé**

Dans le cadre préscolaire ou scolaire, différentes études (tableaux 15.II et 15.III) visant à mesurer l'efficacité des interventions en groupe ont été réalisées auprès d'enfants identifiés sur la base de faibles résultats (-1 écart-type) à un questionnaire et/ou à un test de la motricité, mais pour lesquels un diagnostic de TDC n'a pas été formellement posé. Ils sont identifiés comme des enfants à risque de développer un TDC. Nous présenterons tout d'abord les résultats des études contrôlées dans lesquelles le groupe contrôle n'a pas bénéficié d'intervention. Ensuite, nous traiterons des résultats des études dans lesquelles le groupe contrôle bénéficie d'une intervention.

Quatre études (Bardid et coll., 2013 ; Giagazoglou et coll., 2015 ; Farhat et coll., 2016 ; Yu et coll., 2016) ont visé l'amélioration des habiletés motrices fondamentales (HMF) (encadré 15.1) au moyen d'une intervention réalisée dans le cadre préscolaire et scolaire. Une étude (Bardid et coll., 2013) a été menée auprès de jeunes enfants (3,6 et 5,1 ans) tandis que trois autres (Giagazoglou et coll., 2015 ; Farhat et coll., 2016 ; Yu et coll., 2016) ont été réalisées auprès d'enfants plus âgés (7 à 11 ans) (tableau 15.II).

Encadré 15.1 : Les habiletés motrices fondamentales

Les habiletés motrices fondamentales sont acquises entre un an et cinq ans (Piek et coll., 2010a et 2010b) et sont classées en deux groupes : locomotion (courir, sauter, marcher, etc.), et maîtrise de l'objet (lancer et attraper une balle, shooter, dribbler, etc.). Elles constituent des bases pour les jeux de motricité globale, les activités sportives et physiques. Elles ne s'acquièrent pas toutes spontanément et doivent être enseignées et pratiquées (Piek et coll., 2010). Différents programmes, adressés à tous les enfants, ont été développés pour enseigner et développer ces activités. En général, l'enseignement de ces habiletés repose sur une décomposition des activités et sur des activités ludiques qui peuvent être, parfois réalisées, en classe.

Trois autres études (Tsai et coll., 2014 ; Fong et coll., 2016a et 2016b) ont conçu une intervention visant l'amélioration des habiletés motrices fondamentales et de la force en intégrant des exercices de trampoline. Sans viser directement les HMF, deux études visant l'amélioration de l'équilibre au moyen du taekwondo ont été menées. Une étude contrôlée randomisée de Fong et coll. (2012) a inclus 21 sujets présentant un diagnostic de TDC dont l'âge moyen est de 7,7 ans dans le groupe expérimental et 23 enfants dans le groupe contrôle. L'intervention a porté sur 12 séances hebdomadaires d'une durée d'heure. Les enfants se sont améliorés à des mesures d'organisation sensorielle. Fong et coll. ont publié un deuxième article (2013) avec les mêmes participants et ont objectivé une amélioration de la force et de l'équilibre statique, mais pas de l'équilibre dynamique.

Tsai (2009) a réalisé une étude pour évaluer un entraînement au ping-pong de dix semaines auprès de 27 enfants, âgés de 9,5 ans, recrutés dans le cadre scolaire sur la base des résultats au 5^e percentile à la MABC. La mesure d'efficacité était la MABC et les enfants du groupe expérimental ont amélioré significativement leurs résultats par rapport au groupe contrôle. Toutefois, la plupart des enfants avaient encore des résultats inférieurs au 15^e percentile à la MABC après l'intervention.

- **Résultats d'études contrôlées avec intervention du groupe contrôle**

Les études sont présentées dans les tableaux 15.IV et 15.V. L'étude de Hung et coll. (2010) compare une intervention individuelle et de groupe dont les exercices de locomotion et d'équilibre étaient similaires. Les deux groupes s'améliorent à la MABC et la satisfaction des parents est identique pour les deux groupes. L'étude de Au et coll. (2014) a comparé l'efficacité entre une intervention centrée sur la tâche et une autre centrée sur le processus visant toutes les deux à améliorer l'équilibre. Le groupe expérimental a bénéficié d'une intervention composée d'exercices avec un *physio ball*. Le groupe contrôle composé de neuf enfants du même âge a bénéficié d'une intervention d'équilibre statique et dynamique. Le *Bruininks-Oseretsky Test-2* (BOT-2), le *Sensory Organization Test* et un questionnaire de satisfaction

Tableau 15.II : Interventions en groupe visant l'amélioration de fonctions. Données méthodologiques des études sans intervention du groupe contrôle

Référence	Type de recherche	Évaluation à l'aveugle	Lieu de recrutement	Âge	Sexe	Nb enfants Exp	Nb enfants gr. C	Tests diagnostic	Score seuil	Similarité des groupes
Habiletés motrices fondamentales										
Bardid et coll., 2013	Quasi ECR	Non	École	3,6-5,1	M/F	37	40	TGMD-2,	16° perc.	Oui
Giagazoglou et coll., 2015	EC	Non	École	M = 7,9	M/F	10	10	BOT Score	Score de 42	Oui
Farhat et coll., 2016	EC	Oui	École	M = 8,8	M	14	13	MABC	15° perc.	Oui
Yu et coll., 2016	Quasi ECR	Oui	École	7-10 ans	M/F	22	16	MABC	15° perc.	Pas précisé
Autres interventions										
Tsai et coll., 2009	Quasi ECR	Oui	École	9,5	M/F	27	16	MABC	5° perc.	Oui
Fong et coll., 2012	ECR	Oui	Clinique	M = 7,7	M/F	21	23	MABC-2	15° perc.	Oui
Fong et coll., 2013	ECR	Oui	Clinique	6-12	M/F	21	23	MABC-2	15° perc.	Oui
Tsai et coll., 2014	Quasi ECR	Oui	École	M = 11,4	M/F	20	20	MABC	15° perc.	Oui
Fong et coll., 2016	ECR	Oui	École, clinique et communauté	M = 8,4	M/F	47	41	Body Coordination Test for children	-1 ET	Oui

EC : étude contrôlée ; ECR : étude contrôlée randomisée ; ET : écart-type ; perc. : percentile ; gr. C : groupe contrôle ; gr. Exp : groupe expérimental

Tableau 15.III : Interventions en groupe visant l'amélioration de fonctions. Résultats d'études avec groupe contrôle sans intervention

Référence	Intervention groupe expérimental	Durée	Fréquence	Intervention groupe contrôle	Mesures de résultats	Résultats
Habiletés motrices fondamentales (HMF)						
Bardid et coll., 2013	HMF	10 h	1 h/sem	Non	TGMD-2-partiel	Différence significative
Giagazoglou et coll., 2015	HMF	27 h	3 x 45 min/sem	Non	BCTC et mesure d'équilibre	Amélioration du groupe Exp par rapport au groupe C
Farhat et coll., 2016	HMF	24 h	3 h/sem	Non	MABC et batterie de fitness	Amélioration du groupe Exp par rapport au groupe C
Yu et coll., 2016	HMF	7 h	6 x (2 x 35 min/sem)	Non	TGMD-2 partiel, accéléromètre, CSHQ-C, PSDQ	Différence significative au TGMD-2 mais pas niveau de l'activité physique
Autres interventions						
Tsai et coll., 2009	Tennis de table	40 h	10 x (3 x 50 min/sem)	Non	MABC <i>Visuospatial Attention Paradigm</i>	Amélioration du groupe Exp par rapport au groupe C mais reste inférieur au 15 ^e percentile
Fong, 2012	Taekwondo	12 h	12 x 1 h	Non	<i>Sensory Organization Test</i> Mesure de l'équilibre	Différence significative intra-groupe mais pas intergroupe
Fong et coll., 2013	Taekwondo	12 h	12 x 1 h	Non	Mesure de l'équilibre statique et dynamique	Amélioration significative de l'équilibre statique mais pas dynamique
Tsai et coll., 2014	Force et équilibre	40 h	16 x (3 x 50 min/sem)	Non	MABC-2, <i>Visuospatial Working Memory Paradigm</i> , fitness	Amélioration du groupe Exp par rapport au groupe C à l'ensemble des mesures
Fong et coll., 2016	Saut, course et trampoline	18 h	2 x 1 h 30/sem	Non	MABC, <i>Sensory Organization Test</i>	Amélioration mais disparité importante intra-groupe

rempli par les parents ont constitué la mesure de résultats. Aucune différence entre les deux groupes n'a été trouvée aux diverses mesures. Caçola et coll. (2016) ont également comparé deux approches différentes visant l'amélioration de l'équilibre, du contrôle d'objets et de la motricité fine. La première est une approche centrée sur la tâche encourageant les enfants à collaborer et à coopérer en grand groupe ($n = 11$). La seconde approche est orientée sur les objectifs d'un petit groupe d'enfants (3 et 4 enfants) qu'ils choisissent ensemble. Les deux groupes ont amélioré leurs résultats aux différentes mesures de manière similaire, à l'exception du niveau d'anxiété, qui a augmenté pour les enfants ayant bénéficié d'une intervention en grand groupe. Les auteurs de l'étude postulent que les activités en très grand groupe pourraient générer plus d'anxiété. Peens et coll. (2008) font un constat similaire dans leur étude, les interventions en grands groupes ont tendance à augmenter l'anxiété.

Comme évoqué précédemment, nous pouvons faire l'hypothèse que les enfants plus sévèrement atteints progressent peu ou plus lentement que les enfants légèrement atteints. Nous avons également constaté qu'une partie des études réalisées avaient identifié les enfants dans le cadre scolaire en les sélectionnant sur la base de résultats à un test de motricité indiquant une probable difficulté de coordination motrice ou un TDC probable. Dès lors, les résultats de ces études ne peuvent être généralisés que pour les enfants qui présentent de faibles résultats à un test moteur ou un TDC léger, mais certainement pas pour les enfants avec une atteinte avérée ou sévère et des troubles associés.

Interventions individuelles

Dans cette partie, les enfants ont bénéficié d'interventions individuelles très variées. Les études décrites ci-dessous n'ont pas toutes inclus un groupe contrôle et sont de qualité méthodologique variable.

- ***Activités sportives ou physiques diverses***

Deux études portant sur des interventions avec activités sportives ou physiques diverses ont inclus un groupe contrôle. Hillier et coll. (2010) ont réalisé une étude contrôlée randomisée avec 12 enfants âgés entre cinq et huit ans répartis dans deux groupes. Les enfants du groupe expérimental ont bénéficié de six à huit séances de 30 minutes de la méthode Halliwick durant six à huit semaines (tableaux 15.VI et 15.VII). Cette méthode vise à rendre l'enfant à l'aise dans l'eau et débute un enseignement de la natation sur le dos. Le groupe contrôle n'a pas bénéficié d'intervention. Aucun résultat clair d'amélioration n'a été trouvé à la MABC ni à une mesure de la perception

Tableau 15.IV : Interventions en groupe visant l'amélioration de fonctions. Données méthodologiques des études avec un groupe contrôle bénéficiant d'une intervention

Référence	Type de recherche	Évaluation à l'aveugle	Lieu de recrutement	Âge	Sexe	Nb enfants gr. Exp	Nb enfants gr. C	Tests diagnostic	Score seuil	Similarité des groupes
Pless et coll., 2000	ECR	Oui	Cohorte	M = 5,11	M	17	20	MABC	15° perc.	Oui
Hung et coll., 2010	ECR	Oui	Clinique	M = 8,4	M	12	11	MABC	15° perc.	Oui
Au et coll., 2014	EC	Oui	Clinique	M = 7,9	M	10	9	MABC	15° perc.	Oui
Caçola et coll., 2016	EC	Pas précisé	École	M = 9,9	M	11	13	MABC-2	9° perc.	Oui

EC : étude contrôlée ; ECR : étude contrôlée randomisée ; gr. C : groupe contrôle ; gr. Exp : groupe expérimental ; perc. : percentile

Tableau 15.V : Interventions en groupe visant l'amélioration de fonctions. Résultats d'études avec intervention du groupe contrôle

Référence	Intervention groupe expérimental	Durée	Fréquence	Intervention groupe contrôle	Mesures de résultats	Résultats
Pless et coll., 2000	Habiletés motrices fondamentales (HMF)	10 h	1 h/sem	3 h conseil maison pour activité motrice	MABC MABC-Checklist	Pas de différence significative
Hung et coll., 2010	Intervention en groupe HMF	6 h	45 min/sem	Intervention individuelle HMF	MABC	Pas de différence significative
Au et coll., 2014	Exercices avec un <i>physio ball</i>	8 h	1 h/sem	Exercices de stabilité posturale, de locomotion et de saut	<i>Short form BOT-2</i> Questionnaire de satisfaction des parents	Pas de différence significative
Caçola et coll., 2016	Intervention en grand groupe avec exercices de motricité globale et fine	12 h	1 h/sem	Intervention en petits groupes orientés sur la tâche	MABC-2, CSAPP, CAPE, PAC, SCAS DCD-Q, SDQ ChAS	Pas de différence significative Augmentation de l'anxiété pour le groupe Exp

de soi. Noordstar et coll. (2017) n'ont également pas trouvé de différence significative à la MABC entre deux types d'interventions similaires visant l'amélioration de fonctions motrices, avec une différence pour le groupe expérimental, qui recevait des *feedbacks* renforçant la perception des compétences physiques.

Nous pouvons faire un parallèle avec l'étude de McIntyre et coll. (2015) qui n'ont pas trouvé de différence à une mesure de perception physique de soi qui comprenait notamment des questions sur la force et les compétences physiques, l'apparence et l'attractivité physiques. Toutefois, avec un ajustement de leurs résultats par rapport à l'âge, le genre, la masse corporelle et la participation au programme, ils ont identifié que la perception de la force physique et de l'attractivité corporelle était prédictive de la perception physique.

Dans un autre domaine, qui est la thérapie équestre, Hession et coll. (2014) ont observé une amélioration aux différentes mesures de résultats, que ce soit au test non verbal de Raven mesurant des aspects cognitifs, à une mesure de la dépression et à un test de la marche. Les parents ont quant à eux observé une amélioration de l'estime de soi. Relevons toutefois les limites de cette étude car elle ne fournit aucun élément sur la manière dont le diagnostic de TDC a été posé. Il n'est pas précisé si les enfants présentaient des troubles associés. De plus, aucune évaluation de la motricité n'a été réalisée.

Interventions en psychomotricité visant l'amélioration de la coordination motrice

Aubert et Pezet (2013) ont rédigé un « nouveau protocole de rééducation psychomotrice des coordinations dynamiques générales basé sur la pratique de mouvements continus et cycliques appliqués au TAC ». Ce protocole se fonde sur une des théories du contrôle moteur, la théorie des systèmes dynamiques, qui postule que l'environnement joue un rôle majeur dans la production de mouvements. Ce courant réfute le rôle de la conscience ou la présence d'un schéma prédéfini. Suite à une brève description de ce courant théorique, les auteurs décrivent différents types de mouvements : (1) discrets, correspondant à une séquence comme lancer un ballon, (2) sériels, comprenant un ensemble d'actes sériels comme dribbler, (3) continus, soit des actes sans début ni fin comme la natation. Les auteurs postulent que les mouvements continus sont les plus stables, mais sans donner aucune explication. Ils définissent ensuite les contraintes de l'environnement qu'ils retiennent pour leur intervention. La première est liée au type de tâches. Les auteurs retiennent des coordinations dynamiques générales, c'est-à-dire des

mouvements requérant des grands groupes musculaires comme sauter, courir ou rouler. La deuxième contrainte est le type de matériel et ils mentionnent notamment les bancs et le trampoline. La troisième est le facteur cognitif, qui correspond selon leur description au type de consignes données et à une démonstration. Ces auteurs ont ensuite conçu un protocole de huit séances incluant des sauts de lapin sur un banc, une montée à l'espalier et des sauts au trampoline. Ils ont appliqué ce protocole à deux enfants, une présentant un TDC et l'autre présentant un TDC et un TDA/H. Il ressort que l'enfant avec un TDC progresse à tous les sous-scores du test *Lincoln-Osertesky* et que l'autre enfant (TDC et TDA/H) ne progresse qu'à une partie des facteurs : la motricité globale, le contrôle et la précision ou la vitesse du poignet et du doigt.

- ***Approche d'imagerie motrice***

L'imagerie motrice a fait l'objet de deux études (tableaux 15.VI, 15.VII et 15.VIII), menées par Wilson et coll., avec le même programme d'intervention, en 2002 et en 2016. Le programme ainsi répliqué se compose de trois grandes phases. La première est intitulée la phase « *predictive timing* », qui correspond à une tâche d'anticipation coïncidence informatisée, nécessitant de prédire la trajectoire et la vitesse de déplacement d'une diode. La deuxième phase comprend une partie de relaxation, une autre partie d'observation de mouvements simples des bras. Ensuite, les enfants réalisent les mouvements observés et, après les avoir effectués, ils doivent se les imaginer. Enfin la troisième phase comprend une projection vidéo d'une série de mouvements comme lancer et attraper une balle de tennis, tirer et viser dans une cible. Les enfants doivent ensuite s'imaginer réaliser une de ces activités, puis la réaliser. Après la réalisation d'un mouvement, le thérapeute projette à nouveau la vidéo tout en pointant les points de faiblesse de l'enfant lors de la réalisation.

Dans l'étude de 2002, Wilson et coll. ont réalisé une étude contrôlée randomisée incluant trois groupes d'enfants âgés entre 7 et 12 ans, soit au total 48 sujets, recrutés dans le cadre de l'école. Les enseignants ont signalé les enfants pouvant poser des problèmes de coordination motrice, puis les chercheurs ont administré la MABC. Le score seuil retenu a été un résultat au 50^e percentile à la MABC. Le premier groupe a bénéficié de 5 séances d'une heure d'imagerie motrice, le deuxième groupe de 5 séances d'une heure d'intervention perceptivo-motrice et le troisième groupe contrôle n'a pas bénéficié d'intervention. La mesure du résultat portait sur la MABC et a été administrée en aveugle. Les auteurs ont pu mettre en évidence que les enfants qui ont bénéficié d'une intervention progressent de manière significative par

rapport au groupe contrôle. Aucune différence entre les deux groupes qui ont bénéficié d'une intervention (imagerie motrice ou intervention perceptivo-motrice) n'a pu être mise en évidence.

En 2016, Wilson et coll. ont répliqué cette étude auprès d'enfants âgés entre 7 et 12 ans. Le mode de recrutement était similaire à l'étude de 2002 mais ils ont en revanche retenu un score seuil à la MABC au 10^e percentile. Le premier groupe (n = 13) a bénéficié de 5 séances d'une heure d'imagerie motrice, le deuxième groupe (n = 12) de 5 séances d'une heure d'intervention perceptivo-motrice et le troisième groupe contrôle (n = 11) n'a bénéficié d'aucune intervention. Les conclusions sont identiques à celles de l'étude de 2002 : aucune différence entre les deux groupes bénéficiant d'une intervention n'a pu être trouvée.

La première de ces études inclut des enfants avec un score à la MABC élevé, puisqu'il s'agissait du 50^e percentile, ce qui rend ses résultats difficilement généralisables. De plus, le protocole d'imagerie motrice de ces deux études est relativement complexe et probablement peu reproductible. Et comme constaté précédemment, dès que deux moyens d'intervention sont comparés, les chercheurs ne trouvent pas de différence significative entre les deux interventions.

• **Thérapies ortho-optiques ou visuelles**

Les interventions dans le domaine orthoptique et visuel sont très diverses. Deux interventions très différentes ont pu être identifiées dans la littérature. La première, la plus courante, porte sur un entraînement des fonctions oculomotrices, la seconde porte sur des *feedbacks* centrés sur la vision dans des activités de lancer.

Dans la première catégorie, l'étude de Coetzee et Pienaar (2013) décrit la thérapie visuelle qui porte sur une amélioration de la poursuite visuelle unioculaire ou bi-oculaire, des exercices de convergence-divergence avec des objets se rapprochant ou s'éloignant des yeux et des exercices d'accommodation et de poursuite visuelle comme la lecture, ainsi que des activités de motricité fine et d'écriture comme des tangrams ou puzzles.

Dans la deuxième catégorie, nous trouvons les travaux sur l'intervention nommée « *Quiet eye training* » de Miles et coll., (2015) et de Wood (2017). Il s'agit en fait de la même cohorte. L'intervention porte sur une activité de maîtrise de balle (lancer et attraper). Elle inclut le visionnement d'une vidéo avec un lancer et attraper, et les chercheurs présents spécifient le fait qu'il est important de regarder la cible avant de lancer et ensuite de regarder la trajectoire de la balle après qu'elle a touché le mur.

Tableau 15.VI : Interventions individuelles visant l'amélioration de fonctions

Référence	Type de recherche	Évaluation à l'aveugle	Lieu de recrutement	Âge	Sexe	Nb enfants gr. Exp	Nb enfants gr. C	Tests diagnostique	Score seuil	Similarité des groupes
Interventions motrices, activités sportives ou physiques diverses										
Hillier et coll., 2010	ECR	Oui	Clinique	5-8	M/F	37	40	MABC	15 ^e perc.	Oui
Noordstar et coll., 2017	EC	Oui	Clinique	7-10	M/F	20	11	MABC	15 ^e perc.	Non
McIntyre et coll., 2015	EC	Non	Clinique, école et communauté	13-17	M/F	35	Pas de gr. C	McCarron Assessment of Neuromuscular Development	-1 ET	Non applicable
Hession et coll., 2014	Étude à groupe unique	Non	Clinique et communauté	6-15	M/F	40	Pas de gr. C	Pas de test mentionné	Pas de critère de sélection	Non applicable
Imagerie motrice										
Wilson et coll., 2002	ECR	Oui	École	7-12	M/F	11	11	MABC	50 ^e perc.	Oui
Wilson et coll., 2016	Quasi ECR	Oui	École	7-12	M/F	12	13	MABC	10 ^e perc.	Oui
Thérapies ortho-optique ou visuelles										
Coetzee et Pienaar, 2013	Devis croisé R	Non	École	M = 8	M/F	16	16	MABC	15 ^e perc.	Non
Miles et coll., 2015	ECR	Non	École, clinique et communauté	M = 9	M/F	15	15	MABC-2	5 ^e perc.	Pas précisé
Wood et coll., 2017	ECR	Non	École, clinique et communauté	M = 8,6	M/F	11	10	MABC-2	5 ^e perc.	Oui

Devis croisé R : Devis croisé randomisé ; EC : étude contrôlée ; ECR : étude contrôlée randomisée ; gr. C : groupe contrôle ; gr. Exp : groupe expérimental ; perc. : percentile

Tableau 15.VII : Résultats d'interventions individuelles améliorant les fonctions avec groupe contrôlé sans intervention ou sans groupe contrôlé

Référence	Intervention groupe Exp	Durée	Fréquence	Intervention groupe C	Mesures de résultats	Résultats
Interventions motrices, activités sportives ou physiques diverses						
Hillier et coll., 2010	Halliwick	3 à 4 h	30 min/sem	Non	MABC, mesure de perception de soi et d'acceptation sociale	Pas de résultats significatifs
Noordstar et coll., 2017	Thérapie motrice Perception de soi	6 h	30 min/sem	Non	MABC-2, perception de soi pour enfants, <i>How I am</i> (mesure de la perception physique)	Pas de différence entre les deux groupes
McIntyre et coll., 2015	Adolescent <i>Movement program</i> (fitness et force)	15 h	13 x (2 x 90 min/sem)	Pas de gr. C	Perception physique de soi	Pas de résultats significatifs pour le score total
Hession et coll., 2014	Thérapie équestre	4 h	30 min/sem	Pas de gr. C	Mesure de la marche, <i>Raven's</i> test, échelle de dépression	Amélioration au test de Raven et à l'échelle de dépression
Thérapies ortho-optiques ou visuelles						
Coetzee et Pienaar, 2013	Thérapie ortho-optique	18 h	18 x 1 h/sem	Non	MABC, test d'analyse visuelle	Différence significative pour le groupe expérimental
Milles et coll., 2015	<i>Quiet eye training</i>	4 h	1 h/sem	Non	Analyse du lancer et de l'attraper	Amélioration significative
Wood et coll., 2017	<i>Quiet eye training</i>	4 h	1 h/sem	Non	Analyse du lancer et de l'attraper, questionnaire aux parents	Amélioration significative Amélioration de la perception d'attraper
Imagerie motrice						
Wilson et coll., 2002	Programme d'imagerie motrice	5 h	1 h/sem	Non	MABC	Différence significative
Wilson et coll., 2016	Programme d'imagerie motrice	5 h	1 h/sem	Non	MABC	Différence significative

C : contrôle ; Exp. : expérimental

La durée des interventions était courte dans l'étude de Miles et coll. (2015) avec quatre séances hebdomadaires d'une durée d'une heure, tandis que la durée dans l'étude de Coetze et Pienaar (2013) est de 18 heures (18 x 1 h). Cette dernière étude a montré une amélioration significative à la MABC et aux performances oculaires. Ces progrès ont été maintenus en mesure de rétention, deux ans après la fin de l'intervention. Les autres études sur l'intervention « *Quiet eye training* » ont également identifié des résultats positifs et prometteurs.

Tableau 15.VIII : Résultats d'interventions individuelles améliorant les fonctions avec groupe contrôle bénéficiant d'une intervention

Référence	Intervention groupe expérimental	Durée	Fréquence	Intervention groupe contrôle	Mesures de résultats	Résultats
<i>Imagerie motrice</i>						
Wilson et coll., 2002	Programme d'imagerie motrice	5 h	1 h/sem	Entraînement perceptivo-moteur	MABC	Pas de différence significative
Wilson et coll., 2016	Programme d'imagerie motrice	5 h	1 h/sem	Entraînement perceptivo-moteur	MABC	Pas de différence significative

• **Intégration sensorielle**

L'intégration sensorielle est une approche qui a été initialement conçue par Jean Ayres, une Américaine née en 1920 qui, après une formation d'ergothérapeute, a réalisé un doctorat en psychologie éducationnelle. Elle a postulé que l'apport approprié de stimulations sensorielles, notamment vestibulaires, favorisait le fonctionnement neuronal. Vargas et Camilli (1999) définissent l'intégration sensorielle comme le traitement qui vise à améliorer le processus basique de l'intégration des sensations en fournissant des stimulations sensorielles de manière adaptée pour obtenir une réponse corporelle adaptée. À cet effet, cette intervention utilise des moyens procurant notamment des stimulations vestibulaires avec de larges balançoires et des planches à roulettes. Elle est centrée sur l'enfant et requiert une participation active de sa part. Ces auteurs réalisent une méta-analyse dans laquelle ils retiennent les études contrôlées dans lesquelles le groupe expérimental reçoit un traitement d'intégration sensorielle et un groupe contrôle sans traitement ou avec un traitement alternatif (Vargas et Camilli, 1999). Ils ont considéré différentes mesures de résultats soit : psycho-éducationnelle, comportementale, motrice, sensori-perceptive et au niveau du langage. Cette méta-analyse a inclus des études dont les participants présentaient des diagnostics variables. Le trouble des apprentissages était le plus fréquent dans 15 des 25

articles retenus. Il était suivi par la déficience intellectuelle dans cinq articles et le retard moteur dans deux articles. Les trois derniers articles ont inclus des participants avec des diagnostics aussi divers que l'aphasie et les troubles psychiatriques ou à risques. Les principales conclusions sont que l'efficacité de l'intégration sensorielle par rapport à un groupe contrôle est forte dans les anciens articles, mais moindre dans les plus récents. Les effets étaient significatifs pour les mesures psycho-éducationnelles et motrices (taille de l'effet 0,62 et 0,65 ; $p = 0,05$). Comme les moyens d'intervention permettent d'améliorer l'équilibre et la coordination motrice globale, il n'est pas surprenant que la motricité soit améliorée. Enfin, lorsque cette approche était comparée à une autre, leur efficacité était comparable.

Selon Ehlinger (2017), les résultats de cette méta-analyse offrent un niveau de confiance satisfaisant pour objectiver une efficacité de cette intervention auprès d'enfants présentant des troubles développementaux divers dont certains un TDC. Elle souligne toutefois les limitations méthodologiques, car il manque des informations sur les études incluses, notamment les moyens utilisés pour les mesures d'efficacité, les moyennes et écarts-types et le fait qu'elle a inclus des études réalisées auprès d'adultes sans les dissocier de celles des enfants.

Hillier (2007) a trouvé des résultats similaires dans sa revue de littérature systématique. En effet, les enfants qui ont bénéficié d'une intervention d'intégration sensorielle améliorent leurs résultats à un test de motricité. Jasmin et coll. (2010) font un constat identique en analysant les résultats de trois études portant uniquement sur l'intégration sensorielle. May-Benson et Koomar (2010), dans leur revue de littérature systématique, élargissent ce constat et concluent que les résultats ont tendance à montrer que ce type d'intervention n'améliore pas seulement la motricité globale, mais également l'estime de soi et la lecture. Cohn (2001) relève également dans son étude qualitative que les parents observent un changement au niveau de l'estime de soi.

Eu égard aux différents résultats recensés, nous pouvons faire l'hypothèse que l'intégration sensorielle améliore les compétences motrices des enfants. Toutefois, comme la majorité des études a inclus des enfants avec des profils très divers et sans précision sur un éventuel diagnostic de TDC, des études incluant des enfants avec un TDC sont nécessaires pour objectiver les effets de cette intervention auprès des enfants présentant un TDC.

Conclusion pour les interventions centrées sur les fonctions

Pour les approches de groupe, dans les études contrôlées randomisées qui ont inclus un groupe contrôle sans intervention, les résultats du groupe expérimental sont en général meilleurs pour l'amélioration des fonctions que celui qui n'a pas reçu d'intervention. Lorsque les études incluent un groupe contrôle qui a bénéficié d'une intervention, alors aucune différence entre les deux groupes d'intervention n'est identifiée. Par ailleurs, nous observons que, pour les enfants plus sévèrement atteints, une approche en groupe n'est pas suffisante et qu'ils ont besoin d'une intervention en individuel ciblant davantage leurs besoins. Nous n'avons pas un niveau de preuve fort pour les approches individuelles et elles nécessitent probablement plus d'investigation.

Interventions visant l'amélioration des fonctions et des activités

Dans cette partie, nous avons inclus des approches mixtes qui sont à la fois centrées sur l'amélioration de fonctions et d'activités (tableaux 15.IX et 15.X). Ces approches sont parfois intitulées approches perceptivo-motrices (Davidson et Williams, 2000) ou approches combinées intégrant une approche *top-down* et *bottom-up* (Kaiser, 2013). Sont inclus dans cette catégorie d'approches mixtes, l'approche *Neuromotor Task Training* développée par Smits-Engelsman (Schoemaker et coll., 2003), car elle peut être en mesure d'entraîner des activités motrices posant problèmes dans la vie de tous les jours, ainsi que les interventions avec des jeux vidéo, car ils font appel à la fois à l'amélioration de fonctions comme l'équilibre ou l'orientation dans l'espace et parce qu'il s'agit aussi d'activités ludiques ou socio-interactives.

Interventions mixtes

Les approches perceptivo-motrices ou combinées ont été analysées dans la revue systématique de Hillier (2007). Celle-ci révèle que la majorité des études recensées enregistre une amélioration significative notamment au niveau de la motricité. Davidson et Williams (2000) ont nuancé ces résultats. En effet, ils montrent que le score total à la MABC ainsi que le sous-score de dextérité manuelle et la copie de forme du Beery-VMI s'améliorent suite à des séances combinant l'intégration sensorielle et une approche perceptivo-motrice composée d'activités réalisées à domicile. Les enfants de cette étude avaient bénéficié de 10 séances individuelles hebdomadaires d'une durée d'une heure. Ils font l'hypothèse que dix séances n'étaient peut-être pas suffisantes pour avoir une amélioration plus globale. Ce constat peut être soutenu par une étude plus récente de Kaiser (2013). En effet, elle montre

que les enfants n'améliorent pas leurs résultats à la MABC après 8 séances mais bien après 16 séances incluant une approche combinant soit de l'intégration sensorielle ou des approches centrées sur les fonctions et une approche centrée sur les activités, que ce soit CO-OP ou un entraînement d'activités. Elle a cependant analysé des changements significatifs à la Mesure canadienne du rendement occupationnel (MCRO) après 8 séances.

Les deux études précédentes ont été réalisées avec des enfants pris en charge en ergothérapie qui avaient donc été adressés pour des difficultés. L'étude contrôlée randomisée par Peens et coll. (2008) a inclus des enfants recrutés dans le cadre scolaire sur la base d'un score inférieur au 15^e percentile à la MABC. Et contrairement aux études précédentes, ces auteurs ont observé une progression significative à la MABC après une intervention motrice incluant 8 séances de 30 minutes bi-hebdomadaires. Ils ont également comparé les effets de trois interventions différentes : (1) motrice qui regroupait de l'intégration sensorielle, des activités de motricité globale et fine ; (2) psychologique visant à améliorer l'estime de soi ; (3) psychologique et motrice. Les mesures de résultats ont porté sur la MABC, un questionnaire évaluant l'estime de soi et un autre l'anxiété. Les deux groupes qui ont bénéficié d'une intervention motrice s'améliorent à la MABC et restent stables deux mois après l'intervention. L'estime de soi est meilleure pour les deux groupes ayant suivi une intervention alliant le renforcement de l'estime de soi.

Dans une perspective similaire, Salvan et Albaret (2006) décrivent une étude de cas avec une intervention portant sur l'amélioration des fonctions motrices avec l'approche des coordinations dynamiques et de l'écriture. Ils décrivent les stratégies d'apprentissage utilisées et les attribuent à l'approche CO-OP. Toutefois, les stratégies décrites constituent pour la plupart des stratégies spécifiques énoncées dans l'approche CO-OP mais il est difficile de comprendre si la stratégie plus globale (*go-plan-do-check*) a été utilisée dans cette intervention. De plus, il manque une approche plus globale avec l'évaluation des activités posant problèmes à l'enfant et son entourage, évaluation fondamentale et incontournable dans l'approche CO-OP.

Approche Neuromotor Task Training (NTT)

Cette approche est basée sur les principes de l'apprentissage moteur. Niemejer et coll. (2007) décrivent trois étapes. Dans la première étape, le thérapeute réalise un entretien avec les parents pour repérer les activités posant problème. Dans la deuxième étape, il identifie les motifs des difficultés de réalisation lors des évaluations standardisées. Dans la troisième étape, il procède à un enseignement des activités avec une modification de l'environnement, de l'activité et/ou du type de *feedback*.

Deux essais contrôlés en aveugle (Schoemaker et coll., 2003 ; Niemejer et coll. 2007) ont été réalisés auprès d'enfants adressés en kinésithérapie, car ils présentaient des difficultés de coordination motrice. Le TDC a été identifié sur la base de la MABC avec un seuil au 15^e percentile. Les mesures de résultats comprennent la MABC dans les deux études ainsi que l'échelle d'évaluation de l'écriture-BHK dans la première étude (Schoemaker et coll., 2003) et le *Test of Gross Motor Development-2* dans la seconde (Niemejer et coll., 2007). La durée de l'intervention varie entre les deux études, avec 18 séances hebdomadaires de 30 minutes dans la première et 9 séances hebdomadaires de 30 minutes dans la seconde. Trois étapes de mesure de résultats ont été réalisées dans la première étude, soit en pré-test et après 9 et 18 séances, tandis que seuls le pré- et post-test ont été réalisés dans la seconde. Dans les deux études, les activités ou items posant problème durant la passation des tests ont été exercés. Dans l'étude de Schoemaker et coll. (2003), 7 enfants avec un TDC sur 10 obtiennent un score dans la moyenne à la MABC, tandis que dans celle de Niemejer et coll. (2007), seuls 10 enfants avec TDC sur 26 ont un score dans la moyenne à la MABC-2. Dans les deux études, les items qui ont été entraînés s'améliorent tandis que ceux qui n'ont pas été entraînés restent stables.

Une troisième étude de Ferguson et coll. (2013) a pour but de comparer une intervention de type NTT et un entraînement avec des jeux vidéo sur la Wii Fit. Elle a été réalisée dans un milieu défavorisé en Afrique du Sud. Les enfants ont été identifiés à l'école sur la base d'un résultat inférieur au 16^e percentile à la MABC-2. Le groupe expérimental (n = 37) a bénéficié de 18 séances NTT de 45 à 60 minutes, à raison de 2 séances par semaine. Le groupe contrôle (n = 19) a bénéficié de 18 séances de 30 minutes à raison de 3 séances par semaine de Wii Fit. Les mesures de résultats ont porté sur la MABC-2, un dynamomètre et des mesures de force et de course. Les deux groupes ont progressé, mais le groupe qui a bénéficié de l'intervention NTT a eu des résultats supérieurs au groupe contrôle à la MABC-2, à la mesure de force et au niveau cardiorespiratoire.

Ces trois études donnent des résultats intéressants, toutefois elles n'ont inclus que des échantillons restreints avec une différence importante entre le nombre d'enfants du groupe expérimental et celui du groupe contrôle. Deux études n'ont réalisé que des analyses descriptives. Ces limites méthodologiques ne permettent pas de conclure que cette approche a un bon niveau de preuve.

Intervention avec des jeux vidéos

Les jeux vidéo comprennent des jeux nécessitant des mouvements des membres supérieurs, que nous classerons dans la catégorie de jeux statiques, et des jeux nécessitant une activité du corps entier, donc des jeux dynamiques.

Dans cette perspective, Straker et coll. (2015) ont réalisé une étude randomisée croisée pour évaluer l'efficacité de deux interventions avec une console de jeux vidéo : (1) statique avec une Playstation Sony, (2) dynamique avec une Kinect. Les enfants devaient jouer, à la maison, 20 minutes par jour 4 à 5 fois par semaine en fonction de leur assignement soit à des jeux statiques soit à des jeux dynamiques. Les enfants ont été recrutés dans les écoles, dans les structures communautaires et ils ont été retenus sur la base d'un score égal ou inférieur au 16^e percentile à la MABC-2 et au 15^e percentile au DCDQ. Les mesures d'efficacité ont porté sur la MABC-2, sur une analyse d'équilibre sur une jambe et une épreuve de doigt-nez. La propre perception des capacités physiques de l'enfant a été récoltée. Aucune différence n'a été observée aux différentes mesures que ce soit en pré- et post-test ou entre les groupes à l'exception de la propre perception des capacités physiques pour le groupe qui a bénéficié de l'intervention dynamique avec la Kinect. Probablement avec le même échantillon et le protocole de recherche quasi-identique, Howie et coll. (2016) ont mesuré avec des accéléromètres le changement au niveau de l'activité physique. Aucune différence n'a été observée après cette intervention. Hammond et coll. (2014) n'ont pas non plus trouvé de différence à un test de motricité.

Les études qui ont constaté une amélioration après une intervention de jeux vidéo actifs sont celles de Mombarg et coll. (2013) et Jelsma et coll. (2014). Toutes les deux ont analysé l'effet de jeux stimulant l'équilibre et la coordination bilatérale de la Wii Fit. Elles portaient sur une intervention supervisée par un professionnel. La fréquence hebdomadaire était identique, soit 3 fois par semaine. La durée totale était de 4 semaines pour l'étude de Mombarg et coll. et de 6 semaines pour celle de Jelsma et coll. La mesure de résultats était la version courte du BOT-2 dans les deux études. De plus, celle de Jelsma et coll. a inclut la MABC-2. Les résultats sont similaires.

Conclusion pour les interventions centrées sur les fonctions et les activités

Les résultats des études offrent dans l'ensemble une perspective intéressante, toutefois nous ne pouvons pas conclure à une meilleure efficacité que les approches visant l'amélioration des fonctions. Elles offrent une plus grande diversité que les interventions portant uniquement sur l'entraînement moteur, ce qui est un point positif, car elles peuvent mieux répondre aux besoins de l'enfant et de ses parents. En clinique, il est estimé important de promouvoir directement l'autonomie dans les activités et de faciliter la participation, tout en tenant compte des déficits des fonctions.

Tableau 15.IX : Interventions individuelles et en groupe visant l'amélioration des fonctions et des activités

Référence	Type de recherche	Évaluation à l'aveugle	Lieu de recrutement	Âge	Sexe	Nb enfants gr. Exp	Nb enfants gr. C	Tests diagnostic	Score seuil	Similarité des groupes
Interventions mixtes										
Davidson et William, 2000	Étude à un seul groupe	Non	Clinique	Pas précisé	Idem	37	Pas	MABC	15 ^e perc.	Non applicable
Peens et coll., 2008	ECR	Non	École	7-9	M/F	20	17	MABC	15 ^e perc.	Non
Kaiser, 2013	Étude à un seul groupe	Non	Clinique	5,4-10,7	M/F	45	Pas	MABC MCRO AUQUEI	15 ^e perc.	Non applicable
Approche Neuromotor Task Training										
Schoemaker et coll., 2003	EC	Non	Clinique	7,1-9,2	M/F	10	5	MABC BHK	15 ^e perc.	Non
Niemejer et coll., 2007	EC	Oui	Clinique	6-10	M/F	16	13	MABC	15 ^e perc.	Oui
Ferguson et coll., 2013	EC	Non	École	6-10	M/F	27	19	MABC-2	16 ^e perc.	Oui
Interventions avec jeux video										
Mombarg et coll., 2013	ECR	Non	École	7-12	M/F	15	14	MABC-2 BOT-2	Score total et équilibre 16 ^e perc.	Oui
Hammond et coll., 2014	Devis croisé R	Non	École	M = 8,6	M/F	10	8	BOT-2	15 ^e perc.	Oui
Jelsma et coll., 2014	EC	Non	Clinique, école	6-12	M/F	14	14	MABC-2 BOT-2	Score total et équilibre 16 ^e perc.	Pas précisé
Straker et coll., 2015	Devis croisé R	Non	École, clinique et communauté	9-12	M/F	11	10	MABC-2 DCDQ	16 ^e perc. 15 ^e perc.	Oui
Howie et coll., 2016	Devis croisé R	Non	École, clinique et communauté	9-12	M/F	11	10	MABC-2 DCDQ	16 ^e perc. 15 ^e perc.	Oui

EC : étude contrôlée ; ECR : étude contrôlée randomisée ; gr. C : groupe contrôle ; gr. Exp : groupe expérimental ; perc. : percentile

Tableau 15.X : Résultats d'interventions individuelles et en groupe améliorant les fonctions et les activités

Référence	Intervention groupe Exp	Durée	Fréquence	Intervention groupe C	Mesures de résultats	Résultats
Interventions mixtes						
Davidson et William, 2000	Intégration sensorielle et perceptivomoteur	10 h	1 h/sem	Pas de gr. C	12 mois en mesure de suivi : MABC, VMI	Amélioration significative
Peens et coll., 2008	Centré sur la tâche et/ou intégration sensorielle	4 h	30 min/sem	Non	MABC, estime de soi et mesure de l'anxiété	Amélioration significative à la MABC mais pas à la maîtrise de balles
Kaiser, 2013	Centrée sur les fonctions et activités	8 h 16 h	1 h/sem	Pas de gr. C	Après 8 et 16 semaines : MABC, MCRO et AUQUEI	Amélioration significative à la MCRO après 8 semaines et après 16 semaines à la MABC mais pas AUQUEI
Approche Neuromotor Task Training (NTT)						
Schoemaker et coll., 2003	NTT	4 h 30 9 h	30 min/sem	Non	MABC et BHK	Amélioration (analyse descriptive)
Niemejer et coll., 2007	NTT	4 h 30	30 min/sem	Non	MABC et TGMD-2	Amélioration (analyse descriptive)
Ferguson et coll., 2013	NTT en groupe	18 h	2 x 2 h/sem	Wii-fit	MABC-2 et tests de force	Amélioration significative
Interventions avec jeux vidéo						
Mombarg et coll., 2013	Wii-Fit en groupe sous supervision	5 h 30	3 x 30 min/sem	Non	MABC-2, BOT-2	Amélioration significative
Hammond et coll., 2014	Wii-Fit sous supervision	2 h	3 x 10 min/sem	Jump Ahead : entraînement des habiletés motrices	BOT-2, Coordination skills questionnaire	Pas de différence significative entre les deux groupes
Jelsma et coll., 2014	Wii-Fit en groupe sous supervision d'un étudiant	5 h 30	3 x 30 min/sem	Non	MABC-2, BOT-2	Amélioration significative
Straker et coll., 2015	Jeux vidéo actifs à la maison	27 h	5 x 20 min/sem	Jeux vidéo non actifs à la maison	MABC-2, analyse vidéo du mouvement et de l'équilibre	Pas de différence significative entre les deux groupes
Howie et coll., 2016	Jeux vidéo actifs à la maison	27h	5 x 20 min/sem	Jeux vidéo non actifs à la maison	Accéléromètre	Pas de différence significative entre les deux groupes

C : contrôle ; Exp. expérimental

Interventions visant l'amélioration des activités et de la participation (tableaux 15.XI et 15.XII)

Interventions en ergothérapie

Morgan et Long (2012) ont réalisé une revue de littérature qualitative sur l'efficacité des interventions sur la motricité auprès des enfants présentant un TDC. Ils ont inclus quatre études portant sur des interventions menées en ergothérapie et deux en kinésithérapie. Ils ont analysé les études qui ont intégré des entretiens avec les parents et/ou les enfants sur leur perception de l'efficacité de ces pratiques. Les activités exercées durant les interventions étaient aussi diverses que des activités de la vie quotidienne et que des activités physiques et sportives telles que l'apprentissage du vélo ou la pratique de la natation. Précisons que si l'apprentissage d'activités physiques et sportives est principalement pris en charge par les ergothérapeutes, les enseignants en activité physique adaptée ou les kinésithérapeutes dans les pays anglo-saxons, en France, il peut aussi être assumé par les psychomotriciens. Les parents estiment que les approches les plus efficaces sont celles qui favorisent la réalisation d'activités motrices favorisant la participation sociale et les enfants relèvent le besoin de participer aux jeux et aux activités de soins personnels. De plus, l'éducation des parents et des professionnels ressort comme un point important pour leur permettre de faire face aux difficultés de l'enfant. Dans la même perspective, Armstrong (2012) conclut que les interventions visant l'amélioration de l'occupation humaine ou de la participation sont celles qui ont un meilleur niveau de preuve notamment avec l'approche CO-OP.

L'étude de Dunford et coll. (2011) a porté sur l'efficacité d'une intervention en se centrant sur les objectifs établis par l'enfant. L'intervention alliait des principes de l'apprentissage moteur et des stratégies cognitives. Elle a eu lieu en groupe pendant deux semaines à raison de 50 minutes par jour durant 8 jours. Huit enfants ont participé à cette étude avec deux thérapeutes. Le critère de sélection était un résultat égal ou inférieur au 5^e percentile. La mesure d'intervention a inclus la MCRO, la MABC et le *Self perception profile* de Harter⁷⁴ (1982). Ces différentes mesures ont été administrées en pré-test, post-test et en mesure de suivi quatre à six semaines après la fin de l'intervention. Les enfants ont progressé à la MCRO et à la MABC mais pas à la mesure de perception de soi de Harter. Si les changements à la MABC étaient significatifs juste après l'intervention, ils ne l'étaient plus en mesure de suivi.

74. Questionnaire d'auto-évaluation portant sur la compétence scolaire, l'acceptation sociale, la compétence athlétique, l'apparence physique et le comportement en société.

Approche CO-OP

• Description de l'approche

Cette approche a été élaborée par des ergothérapeutes canadiennes (Polatajko et coll., 2001a et 2001b), s'inspirant de différentes approches pédagogiques et de l'approche centrée sur le client (Association canadienne des ergothérapeutes, 1997). Premièrement, elle se fonde sur l'approche cognitivo-comportementale de Meichenbaum (1977) et emprunte la verbalisation d'auto-instruction et les stratégies globales de résolution de problèmes qui favorisent le développement de la métacognition. Deuxièmement, elle inclut des éléments de la théorie de Feuerstein et coll. (1985), avec notamment l'évaluation dynamique portant sur ce que l'enfant peut et ne peut pas faire et sur le rôle de médiateur cognitif joué par l'adulte pour guider l'apprentissage de l'enfant. Troisièmement, elle repose sur l'approche centrée sur le client définie par l'Association canadienne des ergothérapeutes (1997). Polatajko et coll. (2001a et 2001b) qualifient ainsi l'approche CO-OP d'approche cognitive visant l'amélioration des performances occupationnelles⁷⁵ dans la vie quotidienne.

Elle comprend cinq étapes principales : le praticien administre (1) la Mesure canadienne du rendement occupationnel (MCRO) pour identifier les trois activités que l'enfant souhaite améliorer. Ensuite, il réalise (2) une analyse dynamique de la performance permettant d'identifier les difficultés de l'enfant à réaliser une activité. Cette analyse est fondée sur trois postulats en lien avec la performance occupationnelle. Le premier concerne la motivation comme moteur de l'apprentissage et le fait de poursuivre une activité même lorsqu'elle est difficile. Les auteurs font référence à l'apprentissage moteur pour ce concept, néanmoins, ils font référence à l'article de Dweck (1986) qui s'inscrit dans une perspective socio-cognitiviste et traite de la motivation dans l'apprentissage de tâches cognitives. À nouveau, le deuxième postulat, la connaissance de la tâche comme prérequis à la performance, s'inscrit dans une perspective d'apprentissage scolaire (Brown et Presley, 1996). Le dernier postulat repose sur la notion de *performance occupationnelle qui résulte de l'interaction entre l'individu, l'occupation et l'environnement* (Polatajko et coll., 2001a et 2001b). Après l'évaluation, le praticien enseigne (3) la stratégie cognitive globale, *goal, plan, do, check*, et utilise pour ce faire une marionnette qui porte le nom de cette stratégie. Ensuite, il réalise une activité en employant la stratégie globale. Les parents observent la séance et imaginent comment ils pourraient employer cette activité à la maison. Le thérapeute identifie alors (4) des stratégies spécifiques

75. La performance occupationnelle renvoie aux activités réalisées dans le contexte de vie.

pour des difficultés particulières de réalisation de l'activité. Elles peuvent porter sur la position du corps, le fait de sentir le mouvement ou des stratégies d'auto-instruction verbale. Enfin (5), un transfert des acquis dans la vie de tous les jours est renforcé par le biais des parents ou des personnes gardant l'enfant. Une dernière étape prévoit la réévaluation avec la MCRO notamment.

- **Résultats des études mesurant l'efficacité d'une intervention CO-OP en individuel**

Miller et coll. (2001b) ont réalisé une première étude pilote avec un groupe de 20 enfants présentant un TDC, âgés de 7 ans à 12 ans et 11 mois. Ces enfants recrutés dans un centre clinique ont été répartis non aléatoirement dans deux groupes, un groupe de 7 enfants bénéficiant de 10 séances individuelles de CO-OP et l'autre groupe de 7 séances individuelles d'une approche contemporaine fondée sur des principes neuromusculaires, multi-sensorielles ou biomécaniques (CAT). Les critères de recrutement étaient le diagnostic de TDC ou alors la présentation des problèmes de mouvements présents chez l'enfant avec TDC selon l'estimation du praticien ainsi qu'un score supérieur à 85 à l'un des scores du K-BIT (verbal ou performance). Les enfants présentant des troubles neurologiques ou sensoriels ont été exclus. Les mesures de résultats étaient nombreuses mais retenons la MCRO (réalisée par les enfants), le *Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency* (1978) et le *Self-perception profile* de Harter (1982). Signalons encore qu'une mesure de suivi avec des entretiens téléphoniques a été réalisée 7 à 13 mois après la fin de l'intervention en incluant une échelle d'appréciation de l'utilité allant de 1 à 10. Les auteurs ont trouvé que les deux groupes ont obtenu des changements significatifs à la MCRO autant pour la satisfaction que pour la performance. Ils précisent que les changements sont plus importants pour le groupe CO-OP mais relevons que le groupe CAT présentait des résultats supérieurs en pré-test ce qui diminue la marge de progression. Ils font le même constat pour le *Performance Quality Rating Scale*⁷⁶ (Pedhazur et Schmelkin, 1991). Les changements aux BOTMP sont significatifs pour les deux groupes à la motricité fine mais pas à la motricité globale. Aucun changement significatif n'a été identifié à l'échelle de Harter. Les entretiens téléphoniques ont pu être réalisés auprès de 8 parents du groupe CO-OP et de 7 parents du groupe CAT. Pour le groupe CO-OP, 7 parents mentionnent que les enfants utilisent encore les stratégies apprises. La moyenne de l'évaluation de l'utilité de l'approche était de 8,69/10. Pour le groupe CAT, 5 parents sur 7 observent que leur enfant emploie les stratégies et techniques

76. Cette échelle permet d'évaluer la réalisation d'une activité sur la base d'observations avec une échelle de 1 (ne peut pas réaliser l'activité) à 10 (réalise très bien l'activité).

appries durant les séances. La moyenne de l'évaluation de l'utilité de l'approche était de 7,71/10.

Une autre étude d'efficacité (Taylor et coll., 2007) a été réalisée auprès de 4 enfants présentant un TDC âgé de 5 ans à 7 ans et 5 mois. Ils ont bénéficié de l'approche CO-OP durant 10 séances de 40 à 60 minutes. La MCRO et le *Pediatric Activity Card Sort* (PACS) étaient les deux mesures retenues pour la mesure de l'efficacité. Une analyse qualitative de la MCRO en pré- et post-test montre que les parents et les enseignants ont observé des différences. Seule l'évaluation du premier objectif choisi par l'enfant a montré une évolution favorable.

L'étude de Ward et Rodger (2004) décrit les résultats de 2 enfants de 6 ans. Elle avait pour but de décrire les stratégies spécifiques utilisées par l'enfant et d'investiguer l'utilité de CO-OP. Pour ce dernier objectif qui nous concerne dans ce chapitre, les chercheurs ont utilisé la MCRO. Les 2 enfants ont bénéficié de 10 séances d'une durée d'une heure durant 5 semaines. Ils ont tous les deux progressé à la MCRO.

Si l'approche CO-OP a été introduite majoritairement et utilisée dans des séances individuelles, elle l'a également été en groupe.

- **Résultats des études mesurant l'efficacité d'une intervention CO-OP en groupe**

La revue de littérature intégrée d'Anderson et coll. (2017) porte sur les interventions en groupe. Les articles ont été évalués sur la base des lignes directrices de McMaster pour une revue critique (Law et coll. 2003). Sur les six articles retenus, quatre réalisent une analyse quantitative, une analyse qualitative et un dernier une analyse mixte. Une seule étude (Thornton et coll., 2016) inclut un groupe contrôle mais la taille des groupes est peu importante, avec 10 participants dans chaque groupe. La seule étude incluant un plus grand nombre de participants est celle de Green et coll. (2008) mais elle vise plus à explorer l'influence des différents profils d'enfants sur les résultats. Parmi les trois études utilisant la MABC comme mesure de résultats (Miller et coll., 2001b ; Green et coll., 2008 ; Thornton et coll., 2016), une seule a identifié des résultats significatifs à cette mesure (Green et coll., 2008). La MCRO a été utilisée dans quatre études (tableau 15.XII) comme mesure d'efficacité avec une différence de deux points comme seuil de mesure d'un changement significatif. Deux études trouvent une différence significative pour la satisfaction et le rendement (Zwicker et coll., 2015 ; Thornton et coll., 2016).

L'étude de Thornton et coll. (2016) avait pour objectif d'analyser les effets de l'approche CO-OP sur les déficits moteurs, les activités et la participation.

Vingt garçons droitiers ont été répartis de manière aléatoire par blocs de manière à ce que les âges des enfants soient similaires dans le groupe expérimental et le groupe contrôle. Les dix enfants du groupe expérimental ont été répartis en sous-groupes selon le type d'activités qu'ils souhaitaient améliorer. Ils ont bénéficié de 10 séances CO-OP tandis que le groupe contrôle n'a pas reçu d'intervention, mais était encouragé à réaliser des activités. Les activités du groupe CO-OP devaient au moins porter sur l'amélioration de l'écriture, la majorité des activités a porté sur des activités de motricité fine. Les auteurs font référence aux catégories de la CIF pour décrire les différentes mesures d'efficacité. Ils décrivent dans la catégorie des déficits des fonctions deux mesures, la première consiste en une mesure des syncinésies, intitulée *motor overflow*, qui comprend une tâche séquentielle des doigts, une autre nécessitant d'ouvrir et de fermer des pinces et une dernière nécessitant de manipuler des pions sur un échiquier. Pour ce faire, les enfants ont dû réaliser trois activités de motricité fine. Durant ces activités, ils ont utilisé un système vidéo avec des capteurs permettant l'analyse des mouvements en trois dimensions et des gants avec capteurs de mouvements de flexion. La deuxième mesure de cette catégorie « déficits des fonctions » est la MABC-2 qui a été réalisée par un évaluateur à l'aveugle. Pour les catégories « activité et participation », ils ont retenu une évaluation de la vitesse de l'écriture, la MCRO et l'échelle d'atteinte des buts (*Goal Attainment scaling*). Ces deux derniers bilans n'ont été administrés qu'au groupe expérimental. Les analyses inter-groupes montrent que les enfants du groupe CO-OP ont diminué significativement, par rapport au groupe contrôle, leurs mouvements associés dans certaines activités, à savoir dans celles de la tâche séquentielle des doigts et des pinces. Ils ont également amélioré la vitesse de l'écriture et la lisibilité des mots ainsi que leurs résultats à la MCRO et à la mesure des buts. Aucune différence inter-groupe à la MABC-2 n'a été trouvée en post-test, indiquant que l'approche CO-OP n'a pas une influence sur les résultats de la MABC ou alors que la durée de l'intervention n'était pas suffisante comme l'a montré Kaiser (2013).

Par ailleurs, plusieurs auteurs relèvent que l'éducation des parents à l'approche CO-OP et leur participation aux groupes constituent des facteurs de succès (Mandich et coll., 2003a et 2003b ; Zwicker et coll., 2015 ; Thornton et coll., 2016). En effet, ils peuvent soutenir et stimuler leur enfant à employer les stratégies apprises lors des séances.

Pour conclure, nous pouvons rejoindre en partie les auteurs sur le fait qu'une tendance à une efficacité se dégage de ces premiers résultats. Toutefois, eu égard au nombre restreint de participants, à un échantillonnage non aléatoire dans la seule étude contrôlée et aux mesures de résultats qui n'ont pas été administrées à l'aveugle dans la majorité des études, il n'est pas possible de

généraliser leurs résultats. De plus, Green et coll. (2008) observent que les capacités verbales constituent un facteur important pour l'emploi de stratégies verbales. Dans le même sens, Polatajko et coll. (2001a et 2001b) précisent que « *l'enfant doit avoir des capacités cognitives et langagières suffisantes pour pouvoir répondre à une évaluation de la Mesure canadienne du rendement occupationnel* » (p. 111).

Le niveau de preuve est en revanche satisfaisant pour la perception subjective de l'amélioration d'activités pour des enfants présentant de bonnes capacités verbales. Pour les enfants de faibles compétences verbales et des troubles associés, le niveau de preuve est faible.

Interventions visant la compensation

L'introduction d'un ordinateur ou d'une tablette pour pallier des difficultés d'écriture manuelle constitue la principale approche visant la compensation. Les articles décrivant les pratiques relatives à l'écriture (Couteret, 2009 ; Guilmermin et Leveque-Dupin, 2012) sont principalement présentés dans le chapitre suivant sur la remédiation de l'écriture. Notons que ces auteurs évoquent aussi l'optimisation de l'utilisation de l'ordinateur avec la mise en place de logiciels de géométrie, de lecture vocale, prédicteurs de mots, de traitements de texte avec des fonctionnalités spécifiques, et de dictionnaires et livres numériques. La compensation ne concerne alors plus uniquement le déficit d'écriture manuscrite mais s'élargit aux différentes difficultés induites par le trouble de coordination comme les difficultés de traçage ou de repérage dans l'espace.

Huron (2011 ; 2013) et Mazeau et coll. (2016) décrivent des approches plus globales dont l'objectif est de permettre à l'enfant d'apprendre à l'école sans être gêné par son trouble de coordination. Les interventions de compensation visent à changer l'environnement plutôt que l'enfant (Missiuna et coll., 2006). Ces auteurs incluent des solutions multiples : ordinateur avec logiciels, exercices numériques remplaçant les exercices imprimés (l'enfant ouvre son ordinateur quand les autres élèves ouvrent leur cahier), lignes de couleur pour écrire, gabarits pour faciliter la pose des opérations, etc. (exemples sur www.cartablefantastique.fr).

Par ailleurs, les mesures de compensation ne se limitent pas à la sphère scolaire. L'aménagement de l'environnement peut aussi concerner le reste de la vie quotidienne des enfants (Huron, 2011 ; Mouchard-Garelli et Mazeau, 2016). Proposer des chaussures à scratchs plutôt qu'à lacets, privilégier des tee-shirts au lieu de chemises à boutons, choisir des pantalons à taille élastique, utiliser des assiettes creuses ou des couverts avec un manche facile à tenir font partie des mesures qui peuvent être prises pour faciliter le quotidien.

Tableau 15.XI : Interventions individuelles et en groupe visant l'amélioration des activités et de la participation

Référence	Type de recherche	Évaluation à l'aveugle	Lieu de recrutement	Âge	Sexe	Nb enfants gr. Exp	Nb enfants gr. C	Tests diagnostic	Score seuil	Similarité des groupes
Interventions en groupe										
Green et coll., 2008	Étude à devis croisé	Non	Clinique	5-10,8	M/F	40	31	MABC	15° perc.	Pas précisé
Dunford, 2011	Étude à un seul groupe	Non	Clinique	7-11	M/F	8	Pas de gr. C	MABC	5° perc.	Non applicable
Zwicker et coll., 2015	Étude à un seul groupe	Non	Clinique	7-15	M/F	11	Pas de gr. C	MABC-2	15° perc.	Non applicable
Thornton et coll., 2016	EC	Non	Clinique	8-10	M	10	10	MABC	Pas précisé	Oui
Interventions individuelles										
Miller et coll., 2001b	EC	Non	Clinique	7-12	M	7	7	MABC	15° perc.	Pas précisé
Ward et Rodger, 2004	Études de cas	Non	Clinique	6	M	2	Pas de gr. C	Pas de tests utilisés		Non applicable
Taylor et coll., 2007	Études de cas	Non	Clinique	5-7	M/F	4	Pas de gr. C	MABC	18° perc.	Non applicable
Capistran et Martini, 2016	Études de cas	Non	Clinique	7-11	M/F	4	Pas de gr. C	MABC DCDQ-FC	15° perc.	Non applicable

EC : étude contrôlée ; gr. C : groupe contrôle ; gr. Exp : groupe expérimental ; perc. : percentile

Tableau 15.XII : Résultats d'interventions individuelles et en groupe améliorant les activités et la participation

Référence	Intervention groupe Exp	Durée	Fréquence	Intervention groupe C	Mesures de résultats	Résultats
Intervention en groupe						
Green et coll., 2008	Basé sur l'approche CO-OP, détective club	20 h	1 h/sem	Non	MABC DCDQ	Amélioration significative à la MABC
Dunford, 2011	Approche centrée sur les objectifs	7 h	50 min x 8 j	Pas de groupe C	MABC, MCRO et estime de soi	Amélioration à la MABC; à la MCRO mais pas à l'estime de soi
Zwicker et coll., 2015	Camp avec activités de motricité globale et principes CO-OP	10 h	5 h/sem	Pas de groupe C	MCRO, PEGS, CSAPPA, CAPE	Amélioration significative uniquement à la MCRO
Thornton et coll., 2016	CO-OP	10 h	1 h/sem	Non	Movement overflow MABC-2 MCRO	Différence significative à la mesure des synchronisées et à la MCRO mais pas à la MABC
Interventions individuelles						
Millier et coll., 2001b	CO-OP	8 h 30	50 min/sem	Mixte	MABC, BOT, MCRO	Pas de différence significative entre les deux groupes
Ward et Rodger, 2004	CO-OP	10 h	1 h/sem	Pas de groupe C	Analyse de l'emploi de stratégies cognitives	Utilisation possible à 6 ans
Taylor et coll., 2007	CO-OP	10 h	60 min/sem	Pas de groupe C	MCRO	Différence significative uniquement à la première activité à la MCRO
Capistran et Martini, 2016	CO-OP	10 h	1 h/sem	Pas de groupe C	Analyse de la tâche	Amélioration significative

C : contrôle ; Exp : expérimental

Conclusion pour les interventions centrées sur les activités et la participation

Les approches visant les activités et la participation sont prometteuses, car elles contribuent à une meilleure qualité de vie de l'enfant et ses parents. Toutefois, il est nécessaire de mener des études cliniques randomisées pour affirmer une meilleure progression des enfants.

Modèles incluant des interventions indirectes et directes ou de « prévention »

À ce stade, nous avons présenté des résultats d'études avec des prestations directes, c'est-à-dire dispensées auprès des personnes présentant un TDC. D'autres études montrent l'intérêt des prestations indirectes, qui peuvent être adressées aux parents comme aux enseignants ou autres professionnels. Les interventions indirectes ont été introduites depuis les années 1990 dans les pays anglo-saxons pour les enfants présentant des troubles du langage. Une revue Cochrane (Law et coll., 2003) a décrit que les interventions indirectes sont tout aussi efficaces que les prestations directes pour améliorer les troubles du langage. Les interventions indirectes sont, par conséquent, plus efficaces, c'est-à-dire qu'elles permettent le même résultat avec un coût moindre (Boyle et coll., 2009).

Par ailleurs, différents modèles d'intervention ont été conçus pour structurer et définir les buts des interventions directes et indirectes et de prévention en fonction du profil des enfants (Fox et coll., 2010). Ces modèles permettent de décrire des itinéraires cliniques en fonction du profil des enfants et incluent également de la prévention.

Concernant le domaine de la coordination motrice, plusieurs modèles ont été développés récemment. Comme ils ont été conçus et/ou implémentés plus récemment, ils n'ont pas encore bénéficié d'études mesurant leur efficacité.

Modèle de réaction à l'intervention

Le modèle de réaction à l'intervention (RTI) a été conçu en sciences de l'éducation pour structurer les prestations des enfants avec des besoins particuliers. Les auteurs (Vaughn et coll., 2006) se sont inspirés des modèles de prévention des maladies en santé publique fondés sur une conception à trois niveaux : prévention primaire, secondaire et tertiaire. Le modèle RTI a été initialement développé pour des enfants présentant des difficultés de lecture. Mais il s'est ensuite généralisé notamment avec le programme *No child left behind* aux États-Unis. Ce modèle peut prendre différentes formes, mais

comprend classiquement trois niveaux. Le premier niveau renforce les compétences des enseignants à développer des stratégies d'enseignement adaptées aux difficultés des enfants. Suivant les approches, ils sont également formés à faire passer des évaluations pour identifier les enfants posant des difficultés. Ensuite, les enfants posant des difficultés reçoivent un enseignement supplémentaire en petits groupes (niveau 2). Enfin, les enfants dont les difficultés sont sévères et complexes reçoivent des prestations individuelles et intensives (niveau 3).

Kaiser (2017) propose de développer le modèle de réaction à l'intervention pour les enfants rencontrant des difficultés de coordination motrice (figure 15.2). Le premier niveau porte sur les programmes visant à renforcer les habiletés motrices fondamentales dans le cadre scolaire de tous les enfants. Le deuxième niveau inclut les interventions en petits groupes pour les enfants présentant de faibles compétences motrices et le troisième niveau vise les enfants qui ont un TDC sévère et des troubles associés.

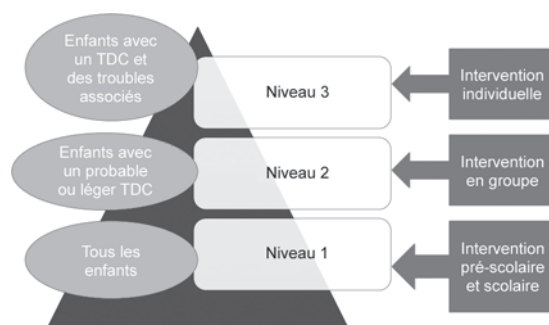


Figure 15.2 : Modèle de réaction à l'intervention adapté au TDC (Kaiser, 2017)

- **Interventions de niveau 1**

Les programmes d'intervention améliorant les habiletés motrices fondamentales ont fait l'objet de plusieurs revues systématiques et méta-analyses récentes. Van Capelle et coll. (2017) ont mesuré l'efficacité de programmes réalisés auprès d'enfants tout-venants âgés entre 3 et 5 ans en réalisant une méta-analyse. Ils ont retenu les programmes qui visaient à former les enseignants à dispenser une intervention structurée d'habiletés motrices fondamentales, les programmes réalisés par une personne externe à l'école ou ceux qui visaient à renforcer les compétences des parents à stimuler les habiletés motrices fondamentales de leurs enfants. Ils concluent que les programmes centrés sur les enseignants étaient les plus efficaces pour améliorer les habiletés motrices mais pas le niveau d'activité physique ou la sédentarité. Les interventions qui ont une durée supérieure à 30 minutes et une fréquence

des séances quasi-quotidienne ont une efficacité plus importante que les autres pour améliorer les habiletés motrices, que ce soit le contrôle des objets ou la locomotion.

Toutefois, dans une nouvelle méta-analyse (Wick et coll., 2017) incluant 30 études réalisées auprès d'enfants entre 2 et 6 ans, les auteurs identifient un effet de ces interventions mais la certitude de l'efficacité de l'intervention apparaît faible car peu d'études ont réalisé une mesure de suivi.

- ***Interventions de niveau 2***

Rappelons que les interventions en groupe portant sur les habiletés motrices fondamentales et/ou sur l'activité physique apportent un bon niveau de preuve pour les enfants présentant un TDC léger ou probable. Pour compléter ces résultats, intéressons-nous ici aux interventions destinées à une population à risque spécifique, les enfants prématurés.

La revue Cochrane de Spittle et coll. (2015) a porté sur des études analysant l'efficacité des interventions auprès d'enfants prématurés (< 37 semaines). La majorité des 25 études incluses dans cette revue a porté sur l'efficacité de programmes d'interventions dont le but était d'améliorer le développement moteur et cognitif (20 études). Seules quatre études ont porté uniquement sur l'amélioration de la motricité et une n'a visé que le développement cognitif. Les interventions se sont majoritairement focalisées sur la relation parents-enfant et le développement de l'enfant. Certaines interventions ont débuté à l'hôpital pour se poursuivre ensuite, mais la majorité ont été planifiées après l'hospitalisation. Elles ont été réalisées par différentes catégories professionnelles : médecins, kinésithérapeutes, ergothérapeutes, psychomotriciens, professionnels de l'éducation, psychologues ou orthophonistes. La durée et la fréquence des interventions variaient de quatre séances durant un mois à des séances hebdomadaires durant 12 mois suivies de séances toutes les deux semaines durant la deuxième année de vie. La revue Cochrane présente les résultats des études en tenant compte de la dernière période d'évaluation après l'intervention, soit juste après l'intervention s'il n'y a pas de mesure de suivi, soit ceux de la dernière évaluation de suivi. L'objectif premier était de déterminer l'efficacité de l'intervention durant la période 0-2 ans, puis préscolaire (3 à < 5 ans), scolaire (5-17 ans) et à l'âge adulte.

Les auteurs ont mis en évidence au moyen d'une méta-analyse que le développement cognitif est significativement bien meilleur pour les enfants prématurés qui ont bénéficié d'une intervention précoce que pour les prématurés du groupe contrôle qui n'ont pas eu d'intervention et ce, pour les mesures réalisées entre 0 et 5 ans. Les conclusions pour les enfants en âge scolaire et

à l'âge adulte sont moins évidentes car les études sont moins nombreuses et difficiles à comparer entre elles.

Au niveau de la motricité, une méta-analyse a pu être réalisée sur 12 études mesurant l'effet auprès des enfants de 0 à 2 ans car les données étaient comparables et suffisantes. Il ressort que les enfants qui ont bénéficié d'une intervention améliorent de manière significative leur motricité mais la taille de l'effet est faible. Pour les enfants plus grands, les résultats sont variables et ne permettent pas de conclusion.

- ***Intervention de niveau 3***

Comme nous l'avons vu précédemment, les interventions individuelles portant sur les activités et la participation sont les plus prometteuses, toutefois les interventions individualisées permettant de répondre aux besoins de l'enfant et de ses parents semblent plus adéquates pour les cas complexes.

Modèle Partnering for change (P4C)

Le modèle P4C a été conçu spécifiquement pour la collaboration des ergothérapeutes et/ou psychomotriciens dans le cadre scolaire (Missiuna et coll., 2012). Ce modèle à trois niveaux vise à modéliser les différentes actions que le praticien offrira aux enseignants et aux enfants. Dans le cadre du premier niveau, les ergothérapeutes ou psychomotriciens ont pour objectif de renforcer les connaissances des enseignants sur le développement moteur et leurs capacités à stimuler ce développement. Dans le deuxième niveau, ces professionnels ont pour but de soutenir l'enseignant à adapter son enseignement pour les enfants présentant des difficultés de coordination motrice. Dans le troisième niveau, les praticiens observent les enfants posant des difficultés, analysent leur activité et proposent des stratégies spécifiques et individuelles à chacun.

Une étude sur l'implémentation de ce modèle (Wilson et Harris, 2018) a montré que la liste d'attente pour des prestations avait diminué, permettant ainsi aux enfants d'avoir rapidement des prestations indirectes. Les enseignants ont jugé les ergothérapeutes ou psychomotriciens plus collaborateurs, car ces derniers allaient dans la classe et pouvaient mieux comprendre leur réalité. Ils ont par ailleurs développé leurs compétences pour adapter leur enseignement et les enfants ont pu utiliser régulièrement les stratégies apprises dans le cadre scolaire.

Modèle Apollo Service Delivery

Le modèle *Apollo Service Delivery* a été développé au Québec pour des enfants présentant des troubles du développement et vise à organiser les interventions communautaires, en groupe et individuelles. Il définit également les étapes de l'intervention allant du premier contact au processus de suivi. Camden et coll. (2015) l'ont adapté pour les enfants présentant un TDC. Les interventions communautaires ont pour objectif de développer la connaissance du TDC et de ses répercussions dans la vie de tous les jours auprès des enseignants, animateurs sportifs ou éducateurs. Ces interventions se déclinent sous forme de conférences, cours ou ateliers permettant non seulement de connaître mieux ce trouble, mais également de savoir le gérer.

Les interventions de groupes concernent en général des enfants avec des difficultés d'importance légère à moyenne et peuvent avoir différentes finalités, que ce soit pour l'amélioration de l'écriture, du calcul ou des aptitudes physiques. Les enfants avec un profil complexe bénéficieront d'une intervention individuelle fondée sur les preuves scientifiques. Qu'elles soient individuelles ou de groupe, les interventions vont varier en fonction de l'âge de l'enfant.

Dans l'analyse de l'implémentation de leur modèle, les auteurs (Camden et coll., 2016) mettent en évidence quelques points clefs. Premièrement, la participation des parents et des associations de parents pour le développement de nouveaux services dans la communauté semble fondamentale. Deuxièmement, le partenariat avec les enseignants, les pédiatres et les différents services existants est fondamental. Il est crucial que les enseignants puissent identifier ce trouble et ensuite référer aux différents professionnels compétents dans ce domaine. Les auteurs mentionnent l'importance d'avoir des filières de prise en charge. Troisièmement, l'intervention doit être fondée sur une pratique probante coordonnée et viser la résilience, l'estime de soi, la qualité de vie et la participation (Camden et coll., 2016, p. 422). Quatrièmement, les services spécialisés individualisés ne devraient être offerts que pour les enfants qui ont des besoins complexes.

Les prestations indirectes ou de consultation peuvent être adressées aux parents comme aux enseignants ou autres professionnels. Elles peuvent être associées à des prestations directes notamment au moment de l'évaluation ou de séances permettant d'identifier les stratégies et conseils à promouvoir auprès des différents partenaires.

RÉFÉRENCES

- Anderson L, Wilson J, Williams G. Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP) as group therapy for children living with motor coordination difficulties: an integrated literature review. *Aust Occup Ther J* 2017 ; 64 : 170-84.
- Armstrong D. Examining the evidence for interventions with children with developmental coordination disorder. *Br J Occup Ther* 2012 ; 75 : 532-40.
- Association canadienne des ergothérapeutes (ACE). *Promouvoir l'occupation : une perspective de l'ergothérapie*. Ottawa : ACE, 1997.
- Au MK, Chan WM, Lee L, *et al.* Core stability exercise is as effective as task-oriented motor training in improving motor proficiency in children with developmental coordination disorder: a randomized controlled pilot study. *Clin Rehabil* 2014 ; 28 : 992-1003.
- Aubert E, Pezet E. La PMCC-CDG : nouveau protocole de rééducation psychomotrice des coordinations dynamiques générales basé sur la pratique de mouvements continus et cycliques appliqué au TAC. *Développements* 2013 ; (14) ; 21-8.
- Ayres AJ. *Sensory integration and learning disorders*. Los Angeles : Western Psychological Services, 1972.
- Bardid F, Deconinck FJ, Descamps S, *et al.* The effectiveness of a fundamental motor skill intervention in pre-schoolers with motor problems depends on gender but not environmental context. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 4571-81.
- Bayona CL, McDougall J, Tucker MA, *et al.* School-based occupational therapy for children with fine motor difficulties: evaluating functional outcomes and fidelity of services. *Phys Occup Ther Pediatr* 2006 ; 26 : 89-110.
- Blank R, Smits-Engelsman B, Polatajko H, *et al.* European academy for childhood disability (EACD): recommendations on the definition, diagnosis and intervention of developmental coordination disorder (long version). *Dev Med Child Neurol* 2012 ; 54 : 54-93.
- Boyle JM, McCartney E, O'Hare A, *et al.* Direct versus indirect and individual versus group modes of language therapy for children with primary language impairment: principal outcomes from a randomized controlled trial and economic evaluation. *Int J Lang Commun Disord* 2009 ; 44 : 826-46.
- Brown R, Pressley M. A quasi-experimental validation of transactional strategies instruction with low-achieving second-grade readers. *J Educ Psychol* 1996 ; 88 : 18-37.
- Caçola P, Romero M, Ibane M, *et al.* Effects of two distinct group motor skill interventions in psychological and motor skills of children with developmental coordination disorder: a pilot study. *Disabil Health J* 2016 ; 9 : 172-8.
- Camden C, Foley V, Anaby D, *et al.* Using an evidence-based online module to improve parents' ability to support their child with developmental coordination disorder. *Disabil Health J* 2016 ; 9 : 406-15.

Camden C, Léger F, Morel J, *et al.* A service delivery model for children with DCD based on principles of best practice. *Phys Occup Ther Pediatr* 2015 ; 35 : 412-25.

Capistran J, Martini R. Exploring inter-task transfer following a CO-OP approach with four children with DCD: a single subject multiple baseline design. *Hum Mov Sci* 2016 ; 49 : 277-90.

Coetzee D, Pienaar AE. The effect of visual therapy on the ocular motor control of seven- to eight-year-old children with developmental coordination disorder (DCD). *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 4073-84.

Cohn ES. Parent perspectives of occupational therapy using a sensory integration approach. *Am J Occup Ther* 2001 ; 55 : 285-94.

Coster W, Law M, Bedell G, *et al.* The participation and environment measure for children and youth (PEM-CY): an innovative measure for home, school and community. Hamilton, Ontario : CanChild, 2012.

Couteret P. Les Tice au service des élèves avec troubles spécifiques des apprentissages (TSA). *Nouvelle Revue de l'Adaptation et de la Scolarisation* 2009 ; 48 : 311-25.

Coverdale NS, O'Leary DD, Faught BE, *et al.* Baroreflex sensitivity is reduced in adolescents with probable developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2012 ; 33 : 251-7.

Davidson T, Williams B. Occupational therapy for children with developmental coordination disorder: a study of the effectiveness of a combined sensory integration and perceptual-motor intervention. *Br J Occup Ther* 2000 ; 63 : 495-9.

Dunford C. Goal-orientated group intervention for children with developmental coordination disorder. *Phys Occup Ther Pediatr* 2011 ; 31 : 288-300.

Dweck CS. Motivational processes affecting learning. *Am Psychol* 1986 ; 41 : 1040-8.

Ehlinger V. *Méta-analyses : intervention sur les dyspraxies*. Notes de synthèse non publiées. 2017.

Farhat F, Hsairi I, Baati H, *et al.* The effect of a motor skills training program in the improvement of practiced and non-practiced tasks performance in children with developmental coordination disorder (DCD). *Hum Mov Sci* 2016 ; 46 : 10-22.

Ferguson GD, Jelsma D, Jelsma J, *et al.* The efficacy of two task-orientated interventions for children with developmental coordination disorder: neuromotor task training and Nintendo Wii Fit training. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 2449-61.

Feuerstein R, Hoffman MB, Rand Y, *et al.* Learning to learn: mediated learning experiences and instrumental enrichment. *Special Services in the Schools* 1985 ; 3 : 49-82.

Fong SS, Chung JW, Chow LP, *et al.* Differential effect of Taekwondo training on knee muscle strength and reactive and static balance control in children with developmental coordination disorder: a randomized controlled trial. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 1446-55.

Fong SS, Guo X, Cheng YT, *et al.* A novel balance training program for children with developmental coordination disorder: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)* 2016a ; 95 : e3492.

Fong SS, Guo X, Liu KP, *et al.* Task-specific balance training improves the sensory organisation of balance control in children with developmental coordination disorder: a randomised controlled trial. *Sci Rep* 2016b ; 6 : 20945.

Fong SS, Tsang WW, Ng GY. Taekwondo training improves sensory organization and balance control in children with developmental coordination disorder: a randomized controlled trial. *Res Dev Disabil* 2012 ; 33 : 85-95.

Fox L, Carta J, Strain PS, *et al.* Response to intervention and the pyramid model. *Infants & Young Children* 2010 ; 23 : 3-13.

Giagazoglou P, Sidiropoulou M, Mitsiou M, *et al.* Can balance trampoline training promote motor coordination and balance performance in children with developmental coordination disorder? *Res Dev Disabil* 2015 ; 36 : 13-9.

Green D, Chambers ME, Sugden DA. Does subtype of developmental coordination disorder count: is there a differential effect on outcome following intervention? *Hum Mov Sci* 2008 ; 27 : 363-82.

Guillermin AL, Leveque-Dupin S. Comment l'ordinateur peut-il devenir un outil de compensation efficace de la dysgraphie pour la scolarité ? *Developpements* 2012 ; 12 : 25-31.

Hammond J, Jones V, Hill EL, *et al.* An investigation of the impact of regular use of the Wii Fit to improve motor and psychosocial outcomes in children with movement difficulties: a pilot study. *Child Care Health Dev* 2014 ; 40 : 165-75.

Harter S. *Manual for the self-perception profile for children*. Denver, CO : University of Denver, 1982.

Hession CE, Eastwood B, Watterson D, *et al.* Therapeutic horse riding improves cognition, mood arousal, and ambulation in children with dyspraxia. *J Altern Complement Med* 2014 ; 20 : 19-23.

Hillier S. Intervention for children with developmental coordination disorder: a systematic review. *IJAHP* 2007 ; 5 : 1-11.

Hillier S, McIntyre A, Plummer L. Aquatic physical therapy for children with developmental coordination disorder: a pilot randomized controlled trial. *Phys Occup Ther Pediatr* 2010 ; 30 : 111-24.

Howie EK, Campbell AC, Straker LM. An active video game intervention does not improve physical activity and sedentary time of children at-risk for developmental coordination disorder: a crossover randomized trial. *Child Care Health Dev* 2016 ; 42 : 253-60.

Hung WW, Pang MY. Effects of group-based versus individual-based exercise training on motor performance in children with developmental coordination disorder: a randomized controlled study. *J Rehab Med* 2010 ; 42 : 122-8.

Huron C. *L'enfant dyspraxique : mieux l'aider, à la maison et à l'école*. Paris : Odile Jacob, 2011.

Huron C. Aider l'enfant dyspraxique à l'école. *ANAE* 2013 ; 25 : 197-201.

Jasmin E, Tetreault S, Beauregard F. Analyse des évidences scientifiques concernant les interventions neuromaturationnelles destinées aux enfants dyspraxiques. *Ergo-thérapies* 2010 ; 38 : 45-59.

Jelsma LD, Geuze RH, Klerks MH, *et al.* The relationship between joint mobility and motor performance in children with and without the diagnosis of developmental coordination disorder. *BMC Pediatrics* 2013 ; 13 : 35.

Jelsma LD, Geuze RH, Mombarg R, *et al.* The impact of Wii Fit intervention on dynamic balance control in children with probable developmental coordination disorder and balance problems. *Hum Mov Sci* 2014 ; 33 : 404-18.

Kaiser ML. Children with developmental coordination disorder: the effects of combined intervention on motor coordination, occupational performance, and quality of life. *Journal of Occupational Therapy, Schools, and Early Intervention* 2013 ; 6 : 44-53.

Kaiser ML. Reaction to intervention model and motor skills: transfert from knowledge to practice. 12th International conference on developmental coordination disorder. Fremantle, Western Australia, 2017.

Kaiser ML, Schoemaker MM, Albaret JM, *et al.* What is the evidence of impaired motor skills and motor control among children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)? Systematic review of the literature. *Res Dev Disabil* 2015 ; 36C : 338-57.

Law J, Garrett Z, Nye C. Speech and language therapy interventions for children with primary speech and language delay or disorder. *Cochrane Database Syst Rev* 2003 ; CD004110.

Law M, Stewart D, Pollock N, Letts L, Bosch J, Westmorland M. Guidelines for critical review form-quantitative studies. 1998. McMaster University Occupational Therapy Evidence-Based Practice Research Group, 2003.

Lockart J, Law M. The effectiveness of a multisensory writing program for improving cursive writing ability in children with sensori-motor difficulties. *Can J Occup Ther* 1994 ; 61 : 206-14.

Mandich A, Buckolz E, Polatajko H. Children with developmental coordination disorder (DCD) and their ability to disengage ongoing attentional focus: more on inhibitory function. *Brain Cogn* 2003a ; 51 : 346-56.

Mandich A, Polatajko H, Rodger S. Rites of passage: understanding participation of children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2003b ; 22 : 583-95.

Marchiori GE, Wall AE, Bedingfield EW. Kinematic analysis of skill acquisition in physically awkward boys. *Adapt Phys Activ Q* 1987 ; 4 : 305-15.

May-Benson TA, Koomar JA. Systematic review of the research evidence examining the effectiveness of interventions using a sensory integrative approach for children. *Am J Occup Ther* 2010 ; 64 : 403-14.

Mazeau M, Le Lostec C, Lirondière S. *L'enfant dyspraxique et les apprentissages. Coordonner les actions thérapeutiques et scolaires* (2^e ed). Paris : Elsevier Masson, 2016.

- McIntyre F, Chivers P, Larkin D, *et al.* Exercise can improve physical self perceptions in adolescents with low motor competence. *Hum Mov Sci* 2015 ; 42 : 333-43.
- Meichenbaum D. Cognitive behaviour modification. *Cognitive Behaviour Therapy* 1977 ; 6 : 185-92.
- Miles CAL, Wood G, Vine SJ, *et al.* Quiet eye training facilitates visuomotor coordination in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2015 ; 40 : 31-41.
- Miller LT, Missiuna CA, Macnab JJ, *et al.* Clinical description of children with developmental coordination disorder. *Can J Occup Ther* 2001a ; 68 : 5-15.
- Miller LT, Polatajko HJ, Missiuna C, *et al.* A pilot trial of a cognitive treatment for children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2001b ; 20 : 183-210.
- Missiuna C, Pollock N, Levac D, *et al.* Partnering for change: an innovative school-based occupational therapy service delivery model for children with developmental coordination disorder. *Can J Occup Ther* 2012 ; 79 : 41-50.
- Missiuna C, Rivard L, Bartlett D. Exploring assessment tools and the target of intervention for children with developmental coordination disorder. *Phys Occup Ther Pediatr* 2006 ; 26 : 71-89.
- Miyahara M, Möbs I. Developmental dyspraxia and developmental coordination disorder. *Neuropsychol Rev* 1995, 5 : 245-68.
- Miyahara M, Hillier SL, Pridham L, *et al.* Task-oriented interventions for children with developmental coordination disorder. *Cochrane Database Syst Rev* 2017a ; 7 : CD010914.
- Miyahara M, Lagisz M, Nakagawa S, *et al.* A narrative meta-review of a series of systematic and meta-analytic reviews on the intervention outcome for children with developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2017b ; 43 : 733-42.
- Mombarg R, Jelsma D, Hartman E. Effect of Wii-intervention on balance of children with poor motor performance. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 2996-3003.
- Morgan R, Long T. The effectiveness of occupational therapy for children with developmental coordination disorder: a review of the qualitative literature (provisional abstract). *Br J Occup Ther* 2012 ; 75 : 10-8.
- Mouchard-Garelli C, Mazeau M. *Enfants dyspraxiques, concrètement que faire : pallier les troubles, valoriser les compétences, pour leur donner toutes les chances*. Paris : Tom Pousse, 2016.
- Niemeijer AS, Smits-Engelsman BC, Schoemaker MM. Neuromotor task training for children with developmental coordination disorder: a controlled trial. *Dev Med Child Neurol* 2007 ; 49 : 406-11.
- Noordstar JJ, van der Net J, Voerman L, *et al.* The effect of an integrated perceived competence and motor intervention in children with developmental coordination disorder. *Res Dev Disabil* 2017 ; 60 : 162-75.

Organisation mondiale de la santé (OMS). *Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé : version pour enfants et adolescents (CIF-EA)*. Rennes : OMS/Presses de l'EHESP, 2012.

Pedhazur EJ, Schmelkin LP. *Measurement, design and analysis: an integrated approach*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates, 1991.

Peens A, Pienaar AE, Nienaber AW. The effect of different intervention programmes on the self-concept and motor proficiency of 7- to 9-year-old children with DCD. *Child Care Health Dev* 2008 ; 34 : 316-28.

Piek JP, Barrett NC, Dyck MJ, *et al.* Can the child behavior checklist be used to screen for motor impairment? *Dev Med Child Neurol* 2010a ; 52 : 200-4.

Piek JP, Barrett NC, Smith LM, *et al.* Do motor skills in infancy and early childhood predict anxious and depressive symptomatology at school age? *Hum Mov Sci* 2010b ; 29 : 777-86.

Pless M, Carlsson M. Effects of motor skill intervention on developmental coordination disorder: a meta-analysis (structured abstract). *Adapt Phys Activ Q* 2000 ; 17 : 381-401.

Pless M, Carlsson M, Sundelin C, *et al.* Effects of group motor skill intervention on five- to six- year-old children with developmental coordination disorder. *Pediatr Phys Ther* 2000 ; 12 : 183-9.

Polatajko HJ, Mandich AD, Miller LT, *et al.* Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP). Part II: the evidence. *Phys Occup Ther Pediatr* 2001a ; 20 : 83-106.

Polatajko HJ, Mandich AD, Missiuna C, *et al.* Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP). Part III: the protocol in brief. *Phys Occup Ther Pediatr* 2001b ; 20 : 107-23.

Preston N, Magallón S, Hill LJ, *et al.* A systematic review of high quality randomized controlled trials investigating motor skill programmes for children with developmental coordination disorder. *Clin Rehabil* 2017 ; 31 : 857-70.

Revie G, Larkin D. Task-specific intervention with children reduces movement problems. *Adapt Phys Activ Q* 1993 ; 10 : 29-41.

Salvan M, Albaret JM. Quelle rééducation psychomotrice pour le trouble de l'acquisition de la coordination (TAC) ? *ANAE* 2006 ; 88-89 : 164-71.

Schoemaker MM, Kalverboer AF. Social and affective problems of children who are clumsy: how early do they begin? *Adapt Phys Activ Q* 1994 ; 11 : 130-40.

Schoemaker MM, Niemeijer AS, Reynders K, *et al.* Effectiveness of neuromotor task training for children with developmental coordination disorder: a pilot study. *Neural Plast* 2003 ; 10 : 155-63.

Smits-Engelsman BC, Blank R, van der Kaay AC, *et al.* Efficacy of interventions to improve motor performance in children with developmental coordination disorder: a combined systematic review and meta-analysis (provisional abstract). *Dev Med Child Neurol* 2013 ; 55 : 229-37.

Smits-Engelsman BC, Hill EL. The relationship between motor coordination and intelligence across the IQ range. *Pediatrics* 2012 ; 130 : e950-6.

Spittle A, Orton J, Anderson PJ, *et al.* Early developmental intervention programmes provided post hospital discharge to prevent motor and cognitive impairment in preterm infants. *Cochrane Database Syst Rev* 2015 ; 11 : CD005495.

Straker L, Howie E, Smith A, *et al.* A crossover randomised and controlled trial of the impact of active video games on motor coordination and perceptions of physical ability in children at risk of developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2015 ; 42 : 146-60.

Sugden D. Current approaches to intervention in children with developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2007 ; 49 : 467-71.

Taylor S, Fayed N, Mandich A. CO-OP intervention for young children with developmental coordination disorder. *OTJR Occupat Particip Health* 2007 ; 27 : 124-30.

Thornton A, Licari M, Reid S, *et al.* Cognitive orientation to (daily) occupational performance intervention leads to improvements in impairments, activity and participation in children with developmental coordination disorder. *Disabil Rehabil* 2016 ; 38 : 979-86.

Tsai CL. The effectiveness of exercise intervention on inhibitory control in children with developmental coordination disorder: using a visuospatial attention paradigm as a model. *Res Dev Disabil* 2009 ; 30 : 1268-80.

Tsai CL, Chang YK, Chen FC, *et al.* Effects of cardiorespiratory fitness enhancement on deficits in visuospatial working memory in children with developmental coordination disorder: a cognitive electrophysiological study. *Arch Clin Neuropsychol* 2014 ; 29 : 173-85.

Tsai CL, Pan CY, Cherng RJ, *et al.* Mechanisms of deficit of visuospatial attention shift in children with developmental coordination disorder: a neurophysiological measure of the endogenous Posner paradigm. *Brain Cogn* 2009 ; 71 : 246-58.

van Capelle A, Broderick CR, van Doorn N, *et al.* Interventions to improve fundamental motor skills in pre-school aged children: a systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport* 2017 ; 20 : 658-66.

van der Linde BW, van Netten JJ, Otten BE, *et al.* Psychometric properties of the DCDDaily-Q: a new parental questionnaire on children's performance in activities of daily living. *Res Dev Disabil* 2014 ; 35 : 1711-9.

Vargas S, Camilli G. A meta-analysis of research on sensory integration treatment. *Am J Occup Ther* 1999 ; 53 : 189-98.

Vaughn SR, Wanzek J, Woodfurr AL, *et al.* A three-tier model for preventing reading difficulties and early identification of students with reading disabilities. In : Haager DH, eds. *Validated reading practices for three tiers intervention*. Baltimore, MD : Brookes, 2006 : 11-28.

Ward A, Rodger S. The application of cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP) with children 5-7 years with developmental coordination disorder. *Br J Occup Ther* 2004 ; 67 : 256-64.

Watter P, Bullock MI. Patterns of improvement in neurological functioning of children with minimal cerebral dysfunction with physiotherapy intervention. *Aust J Physiother* 1987 ; 33 : 215-24.

Wick K, Leeger-Aschmann CS, Monn ND, *et al.* Interventions to promote fundamental movement skills in childcare and kindergarten: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med* 2017 ; 47 : 2045-68.

Wilson AL, Harris SR. Collaborative occupational therapy: teachers' impressions of the martnering for change (P4C) model. *Phys Occup Ther Pediatr* 2018 ; 38 : 130-42.

Wilson BN, Crawford SG, Green D, *et al.* Psychometric properties of the revised developmental coordination disorder questionnaire. *Phys Occup Ther Pediatr* 2009 ; 29 : 182-202.

Wilson PH. Practitioner review: approaches to assessment and treatment of children with DCD. An evaluative review. *J Child Psychol Psychiatry* 2005 ; 46 : 806-23.

Wilson PH, Adams IL, Caeyenberghs K, *et al.* Motor imagery training enhances motor skill in children with DCD: a replication study. *Res Dev Disabil* 2016 ; 57 : 54-62.

Wilson PH, Thomas PR, Maruff P. Motor imagery training ameliorates motor clumsiness in children. *J Child Neurol* 2002 ; 17 : 491-8.

Wood G, Miles CA, Coyles G, *et al.* A randomized controlled trial of a group-based gaze training intervention for children with developmental coordination disorder. *PLoS One* 2017 ; 12 : e0171782.

Yu J, Sit CH, Burnett A, *et al.* Effects of fundamental movement skills training on children with developmental coordination disorder. *Adapt Phys Activ Q* 2016 ; 33 : 134-55.

Zwicker JG, Rehal H, Sodhi S, *et al.* Effectiveness of a summer cAMP intervention for children with developmental coordination disorder. *Phys Occup Ther Pediatr* 2015 ; 35 : 163-77.

16

Remédiation de l'écriture manuscrite⁷⁷

L'écriture est une activité déficitaire chez 50 à 88 % des enfants présentant un TDC, et une des premières raisons de consultation (Mazeau, 2013 ; Vaivre-Douret, 2014 ; Huau et coll., 2015). Rappelons que les enfants présentant un TDC ont généralement des déficits dans les deux facteurs nécessaires à une écriture fonctionnelle : vitesse et lisibilité. La dysgraphie de l'enfant présentant un TDC peut, selon son importance, mettre très rapidement l'enfant en situation d'échec scolaire si elle n'est pas prise en charge (pour revue Mazeau, 2010 et 2014 ; Danna et coll., 2016). Il est donc indispensable de mettre en place une remédiation, car les troubles de l'écriture ne peuvent disparaître sans intervention (Hamstra-Bletz et Blöte, 1993 ; Preminger et coll., 2004). La thérapie s'organise autour de l'enfant en lien avec les parents et les enseignants, qui ont un rôle à jouer dans l'accompagnement et la généralisation des acquis. Le but de la remédiation est de permettre à l'enfant de retrouver une écriture fonctionnelle en classe, c'est-à-dire une lisibilité et une vitesse suffisantes sans surcharge cognitive, afin de lui permettre d'accéder avec succès aux autres activités scolaires : orthographe, grammaire, aspects de composition, prise de notes, etc. Après une présentation des principales approches thérapeutiques utilisées en remédiation de l'écriture, ce chapitre présentera les principaux facteurs à prendre en compte pour la mise en place d'une remédiation ainsi que les éléments qui semblent contribuer au succès de cette démarche avant d'aborder la question de son arrêt.

Les approches thérapeutiques utilisées en remédiation de l'écriture

On distingue classiquement deux types d'intervention : les thérapies orientées sur le déficit ou les processus, et celles orientées sur la performance ou la tâche (Barray 2012a ; Albaret et Chaix, 2015). Les approches orientées

77. Ce chapitre reprend en partie des éléments de l'article publié dans la revue *ANAE* : Jolly C. Dyspraxie et troubles de l'écriture. *ANAE* 2017 ; 151 : 681-8. Nous remercions la publication *ANAE* pour leur autorisation à utiliser cet article.

vers le déficit visent à restaurer les fonctions altérées. Les thérapies portant uniquement sur les processus, notamment l'intégration sensorielle et l'entraînement kinesthésique, apparaissent peu bénéfiques concernant l'écriture (pour revue Hoy et coll., 2011). Sudsawad et coll. (2002) par exemple ont montré l'inefficacité d'un entraînement purement kinesthésique sur l'écriture. De la même manière, les approches sensori-motrices globales développées dans les années 1970-1980, pourtant largement utilisées encore aujourd'hui, semblent très peu efficaces (Lockhart et Law, 1994). Une étude plus récente a d'ailleurs remis en question l'efficacité des approches sensori-motrices comme unique méthode de remédiation de l'écriture (Denton et coll., 2006). Cette étude a montré un effet négatif d'un entraînement sensori-moteur impliquant perception visuelle, intégration visuo-motrice, proprioception, et manipulation manuelle sur l'écriture d'enfants dysgraphiques. Les approches orientées sur la performance, quant à elles, cherchent à accroître l'activité et la participation de l'enfant, en utilisant des interactions constantes entre le sujet, l'environnement et l'activité travaillée. Les méta-analyses montrent une efficacité nettement supérieure de ces méthodes ciblant des habiletés spécifiques comparativement aux approches globales (Polatajko et Cantin 2005a et 2005b ; Hoy et coll., 2011). Parmi les approches orientées vers la performance, on distingue les approches centrées sur la tâche, qui ciblent directement l'apprentissage d'habiletés motrices spécifiques comme par exemple l'écriture, et les thérapies métacognitives qui utilisent une méthodologie de type résolution de problèmes, dans lesquelles l'enfant est incité à réfléchir avec le praticien à la nature des difficultés rencontrées et à rechercher des solutions pour y faire face. C'est le cas par exemple de l'approche CO-OP (*Cognitive Orientation to Occupational Performance*), fondée sur la verbalisation, qui se déroule en quatre étapes : (i) déterminer avec l'enfant le but poursuivi, (ii) déterminer avec lui la stratégie qu'il va utiliser, (iii) exécuter la stratégie choisie, et (iv) faire le bilan avec l'enfant de l'efficacité de cette stratégie au regard de l'objectif initial et des résultats obtenus (Missiuna et coll., 2001 ; Polatajko et coll., 2001a et 2001b). L'intérêt de cette approche réside principalement dans l'implication de l'enfant dans la réflexion autour de la méthode de remédiation et dans la verbalisation des actions menées.

Concernant la remédiation de l'écriture, les approches centrées sur la tâche semblent donc les plus efficaces. C'est le cas par exemple pour la méthode proposée par Smits-Engelsman et coll. (2001) visant à accroître l'apprentissage des habiletés motrices nécessaires à l'écriture et qui, testée auprès de 125 enfants hollandais de 6 à 9 ans présentant un TDC, montre un effet bénéfique avec amélioration des scores qualitatifs et de vitesse au BHK et augmentation de la lisibilité. Ces effets sont en outre maintenus 9 mois après

l'arrêt de la remédiation, suggérant donc qu'elle a permis à ces enfants d'atteindre un certain degré d'automatisation. De la même manière, Schoemaker et coll. (2003) ont également montré l'efficacité d'une méthode d'entraînement neuro-moteur à la tâche sur la qualité de l'écriture d'enfants présentant un TDC. Une autre méthode orientée vers la performance et reposant sur la décomposition du tracé des lettres en unités graphiques de base accompagnée d'instructions orales a également été testée auprès de 5 enfants présentant un TDC non scripteurs, qui pour 4 d'entre eux ont clairement amélioré leur lisibilité et leur vitesse d'écriture (Barray, 2012a et 2012b). Cette amélioration est en outre maintenue plusieurs années après le traitement, et s'accompagne d'une augmentation de l'estime de soi. Il est cependant important de noter que ces études ont été menées auprès d'enfants qui n'étaient pas scripteurs avant l'intervention. Cette méthode semble donc intéressante, mais il serait nécessaire de la tester sur un plus grand nombre de sujets présentant un TDC scripteurs afin de valider réellement son efficacité. La méthode HTP (*Handwriting Task Program*) est quant à elle une méthode d'entraînement à l'écriture basée sur le visuo-spatial (Baldi et coll., 2015). C'est une méthode assez complète qui inclut des exercices de pré-écriture, des exercices de mouvements de base, un entraînement visuo-perceptif, des activités d'intégration visuo-motrice, et des exercices de coordination œil-main. Testée auprès d'un enfant présentant un TDC, cette méthode améliore son écriture, en particulier au niveau des erreurs visuo-spatiales, mais elle reste cependant de qualité inférieure à celle d'enfants tout-venant. Il serait intéressant, là encore, de tester cette approche auprès d'un plus grand nombre de sujets afin de valider son efficacité.

Au travers des articles scientifiques actuellement disponibles, on constate donc que plusieurs types de méthodes de remédiation de la dysgraphie ont été développés, fondées sur différentes approches : cognitives, sensori-motrices, ciblées sur la tâche, ciblées sur le déficit, etc. Cependant, très peu de ces approches ont clairement été validées par une étude portant sur un nombre suffisant de sujets.

Il semble néanmoins que la combinaison de plusieurs approches agissant sur différentes composantes (sensori-motrices, visuo-spatiales, cognitives, etc.) soit intéressante. Ainsi, une enquête menée auprès de 50 ergothérapeutes canadiens a montré que chacun utilise sa propre méthode de remédiation de l'écriture, adaptée aux besoins spécifiques du sujet (Feder et coll., 2000). Parmi les types d'intervention utilisés par ces praticiens, on retrouve principalement les approches sensori-motrices (90 %), perceptivo-motrices (74 %), l'apprentissage moteur (68 %) et les entraînements cognitifs (64 %). Le praticien doit en outre, lors du choix de sa méthode de remédiation,

prendre en compte la méthode d'enseignement de l'écriture dont l'enfant a bénéficié en classe (Asher, 2006). Une autre enquête menée auprès de 198 ergothérapeutes anglais intervenant en milieu scolaire pour des troubles de l'écriture montre qu'ils utilisent essentiellement des méthodes multisensorielles, dont la plupart n'ont été ni décrites ni validées par des études scientifiques (Woodward et Swinth, 2002). Le seul point commun à toutes les méthodes utilisées par les professionnels interrogés est le côté ludique : rendre les entraînements amusants afin de stimuler la motivation et l'implication de l'enfant. Les méthodes d'intervention qu'ils décrivent sont très variées, tant du point de vue du support utilisé (craie, tableau, papier, écriture dans du sable, etc.) que des systèmes sensoriels visés par la remédiation.

Concrètement, à l'heure actuelle, l'ergothérapeute, le psychomotricien ou l'orthophoniste qui reçoit en cabinet un enfant présentant un TDC pour des troubles de l'écriture va utiliser sa propre méthode de remédiation, mélange de différentes approches, qu'il aura adaptées aux difficultés particulières de l'enfant.

Facteurs à prendre en compte pour la mise en place d'une remédiation de l'écriture

Plusieurs travaux ont permis d'identifier les principaux facteurs en lien avec la qualité d'écriture et la dysgraphie (Kaiser et coll., 2009 et 2011). Ces facteurs peuvent être endogènes, propres aux capacités du scripteur, ou exogènes, c'est-à-dire indépendants du scripteur et liés à des problèmes au niveau de la pratique de l'écriture. Parmi les facteurs endogènes, on trouve (i) le déficit moteur ou sensorimoteur lié à la dextérité manuelle (Weintraub et Graham 2000 ; Feder et coll., 2005) ou à un déficit de l'intégration des informations sensorielles provenant des doigts (Laszlo et Bairstow, 1983), et (ii) l'intégration visuomotrice (pour revues Kaiser et coll., 2013 ; Danna et coll., 2016). Les facteurs exogènes incluent :

- (i) le manque de pratique de l'écriture – ce facteur prend de plus en plus d'importance depuis l'avènement des tablettes et du numérique – ;
- (ii) le style d'écriture, et en particulier le nombre d'allographes différents à apprendre. Ainsi, en France l'apprentissage de deux typographies différentes (i.e. le cursif pour l'écriture et le script pour la lecture) pourrait entraîner des difficultés dans le langage écrit (Sheffield, 1996). Cependant, il a été montré que les élèves français développent dès le primaire une écriture mixte constituée à la fois de caractères scripts et cursifs, qui semble être la plus efficace (Bara et Morin, 2013). Dans le cas de l'enfant dysgraphique,

lui laisser le choix des allographes qu'il préfère utiliser peut donc être une possibilité intéressante à envisager pour la remédiation (Kaiser et coll., 2013) ;

- (iii) la position d'écriture, qui a une influence sur les performances de dextérité manuelle (Smith-Zusovsky et Exner, 2004) ;
- (iv) l'augmentation des contraintes. Au collège par exemple, la contrainte de vitesse d'écriture peut entraîner l'apparition de dysgraphies (Soppelsa et Albaret, 2014).

Le choix de la méthode de rééducation de l'écriture devra donc prendre en compte d'une part les facteurs endogènes et exogènes pouvant influencer la qualité et la vitesse, et d'autre part le stade d'acquisition de l'écriture de l'enfant (Kaiser et coll., 2009 ; pour revue Kaiser et coll., 2013). Ainsi, la rééducation sera différente si l'enfant est dans une phase de pré-apprentissage ou d'acquisition de l'écriture, ou dans une phase de maîtrise de l'écriture. Un certain nombre d'éléments devront être évalués avant la mise en place d'une remédiation. Ainsi, il a été montré que la dextérité manuelle, l'intégration visuomotrice (i.e. la coordination entre la perception visuelle et la coordination des doigts), ou l'attention visuelle constituent des facteurs prédictifs de la qualité et de la vitesse d'écriture chez les enfants en début d'apprentissage (Kaiser et coll., 2009). L'évaluation de ces compétences est donc importante avant toute remédiation, et une rééducation ciblant spécifiquement chacune de ces capacités pourra être envisagée en cas de difficultés (pour revue Kaiser et coll., 2013).

Quels sont les éléments qui contribuent à l'efficacité d'une remédiation ?

Les articles scientifiques semblent corroborer les dires des praticiens sur l'utilité de la remédiation de l'écriture pour les enfants présentant un TDC. Le premier effet observé d'une remédiation efficace de l'écriture est l'amélioration de la lisibilité. L'augmentation de la vitesse d'écriture est observée en second lieu, car elle nécessite davantage de séances de pratique (Hoy et coll., 2011). Néanmoins plusieurs éléments sont essentiels pour que la remédiation soit réellement efficace. La durée de l'intervention est le premier facteur déterminant. En effet les études scientifiques ont montré qu'un minimum de 20 séances est nécessaire pour qu'une méthode soit efficace (Hoy et coll., 2011). Certains auteurs estiment même qu'un minimum de 6 mois est nécessaire (Jongmans et coll., 2003). L'efficacité de l'intervention est « dose-dépendante ». Ainsi, certains auteurs préconisent un minimum de 2 séances

d'au moins 20 minutes chacune par semaine (Hoy et coll., 2011). Des séances plus courtes (20 minutes) mais régulières sont nettement préférables à des séances trop longues, qui peuvent entraîner une fatigue et une perte de concentration et de motivation de l'enfant (Jongmans et coll., 2003).

D'autre part, la remédiation de l'écriture doit impérativement inclure de l'entraînement à l'écriture (Jones et Christensen, 1999 ; Graham et coll., 2000 ; Jongmans et coll., 2003 ; Kaiser et coll., 2011). Les méthodes qui n'incluent pas des exercices d'écriture sont peu efficaces, voire même totalement inefficaces (Poon et coll., 2010 ; Hoy et coll., 2011 ; Yancosek et Howell, 2011). Des entraînements multisensoriels peuvent être envisagés, en particulier pour des sujets présentant un trouble impliquant différentes composantes sensorielles. Par exemple, l'entraînement de l'intégration visuo-motrice, peu efficace sur l'écriture s'il est utilisé comme seule approche, pourra être utile en complément d'exercices d'écriture chez des sujets présentant un déficit à ce niveau (Hoy et coll., 2011). Une étude a également montré que l'ajout de présentations dynamiques du tracé des lettres au sujet améliore l'efficacité de la remédiation, en aidant à l'ancrage des patrons moteurs et donc à l'automatisation des gestes (Jongmans et coll., 2003). En outre, la remédiation est plus efficace si la famille est impliquée et aide le sujet dans sa pratique autonome de l'écriture. L'implication des enseignants est également un facteur supplémentaire de réussite de la remédiation, en particulier dans le contexte de l'école primaire (Reid et coll., 2006).

Il a également été montré qu'un enseignement explicite de l'écriture est plus efficace qu'un enseignement n'incluant pas cette modalité (Berninger et coll., 1997 ; Jones et Christensen, 1999 ; Banks et coll., 2008 ; Kaiser et coll., 2011). Ce type d'enseignement consiste à expliquer la manière de tracer les lettres, et utilise des modèles qui incluent par exemple des flèches donnant des informations sur l'ordre et la direction des traits constituant la lettre à tracer. D'autres études ont également montré que l'ajout de présentations dynamiques du tracé des lettres au sujet améliore l'efficacité de la remédiation, probablement en aidant à l'ancrage des patrons moteurs et donc à l'automatisation des gestes (Jongmans et coll., 2003 ; Vinter et Chartrel, 2010 ; Jolly et Gentaz, 2013). À l'inverse, il a été montré que tracer des lettres par-dessus un modèle en pointillés est une méthode à éviter, car le haut niveau de contrôle visuel qu'elle implique perturbe fortement l'automatisation des patrons moteurs et empêche l'enfant d'augmenter sa vitesse et sa fluidité d'écriture (Gonzalez et coll., 2011).

Quand arrêter la remédiation de l'écriture et que faire après ?

La question de l'arrêt de la remédiation et de l'après est également importante. L'écriture de l'enfant doit être systématiquement évaluée avant et après remédiation, afin de valider l'efficacité de celle-ci et d'en décider l'arrêt ou la poursuite. En outre, la question de l'objectif à atteindre est également à prendre en compte. L'enfant dysgraphique doit-il atteindre le même niveau de compétences en écriture que les enfants tout-venant ? Là encore, les disparités interindividuelles sont importantes, et chaque cas sera différent. Certains enfants pourront arriver à un niveau équivalent à celui de leurs pairs, d'autres ne le pourront pas, ou alors au détriment d'autres activités. La balance bénéfice/coût cognitif est primordiale pour décider de la poursuite ou de l'arrêt de la remédiation. L'objectif pour le praticien est de permettre à l'enfant d'atteindre un niveau de compétences lui permettant d'avoir une écriture efficace, c'est-à-dire lisible par tous, suffisamment rapide pour la prise de notes, et suffisamment automatisée pour libérer les ressources attentionnelles qui seront alors disponibles pour d'autres tâches. Après remédiation, l'écriture ne doit donc plus être coûteuse pour l'enfant, d'un point de vue cognitif. On peut supposer que chaque enfant aura son propre niveau de compétences maximales en écriture au-delà duquel la remédiation n'est plus efficace, comme cela a été proposé par certains auteurs (Jolly et coll., 2014). L'âge du début de l'intervention est également déterminant dans sa réussite. La remédiation sera plus difficile chez un enfant diagnostiqué tardivement, au collège par exemple, et qui aura donc mis en place au fil des années une stratégie compensatoire impliquant des patrons moteurs et des boucles de contrôle qu'il sera plus difficile de remplacer. Le dépistage et la prise en charge précoces sont donc essentiels. Il est cependant important de noter qu'il n'existe pas d'études scientifiques sur cette question, et que les suggestions proposées ici sont issues d'entretiens que nous avons eus avec différents professionnels. Il serait certainement très intéressant de réaliser des études scientifiques rigoureuses sur cette question.

En parallèle ou à l'issue de la remédiation de l'écriture, un certain nombre de praticiens proposent aux enfants des outils de compensation de l'écriture manuscrite. Une étude canadienne de 2004 montre que 93 % des 865 ergothérapeutes ayant répondu à un questionnaire sur les technologies qu'ils recommandent face à un enfant présentant un trouble de l'écriture préconisent l'usage du clavier essentiellement celui d'un ordinateur fixe ou d'un ordinateur portable. L'autre moyen de compensation de l'écriture manuscrite, préconisé par 72 % d'entre eux, est la dictée que ce soit à un(e) secrétaire, à un dictaphone ou *via* l'utilisation d'un logiciel de dictée vocale (Freeman

et coll., 2005). La très grande majorité des ergothérapeutes (89 %) recommande de combiner ces différents types de moyens de compensation pour un même enfant. L'ensemble des auteurs (Le Lostec, 2006 ; Couteret, 2009 ; Despres, 2010 ; Le Flem et Gardie, 2011 ; Guillemain et Leveque-Dupin, 2012) s'accorde pour considérer que l'apport de l'ordinateur est lié à 1) une amélioration de la lisibilité de la trace écrite laissée par l'enfant, 2) une amélioration de la vitesse, et 3) une diminution du coût cognitif comparativement au coût induit par l'écriture manuscrite.

Plusieurs articles décrivent les pratiques professionnelles concernant la mise en place d'un ordinateur (Couteret, 2009 ; Despres, 2010 ; Le Flem et Gardie, 2011 ; Guillemain et Leveque-Dupin, 2012). Ces articles recensent les évaluations préalables à la mise en place d'un ordinateur en classe. Ces évaluations incluent des mesures du trouble de l'écriture comme la lisibilité et la vitesse mais aussi les incidences fonctionnelles et le coût cognitif (c'est-à-dire : la capacité à suivre le rythme de la classe, la lisibilité des productions, la dégradation au cours de la journée, les douleurs, les productions volontairement élaguées, la gêne, uniquement à l'écrit, dès que les concepts se complexifient). À l'évaluation de l'écriture s'ajoutent l'évaluation des compétences spatiales, visuelles, visuo-attentionnelles et praxiques, celle des besoins de l'enfant et du contexte familial et scolaire dans lequel il évolue et la synthèse des aménagements en classe et à la maison. Tout en mettant en avant l'intérêt de l'ordinateur comme moyen de compensation pour améliorer la lisibilité et la vitesse d'écriture et limiter le coût cognitif induit par l'écriture manuscrite, ces articles rappellent la nécessité d'un apprentissage spécifique de l'utilisation de l'ordinateur et en partie de la frappe au clavier. Néanmoins, il n'existe pas d'études sur la mise en œuvre de cet apprentissage. Une des limites de la stratégie de compensation en France est l'absence de version numérique des examens (Couteret, 2009) contraignant un certain nombre d'enfants à être accompagnés par un(e) secrétaire pour les passer.

RÉFÉRENCES

Albaret JM, Chaix Y. Troubles d'acquisition de la coordination (TAC). C'est quoi ? Et comment ça se soigne ? *Pédiatrie Pratique* 2015 ; 265 : 1-6.

Asher AV. Handwriting instruction in elementary schools. *Am J Occup Ther* 2006 ; 60 : 461-71.

Baldi S, Nunzi M, Brina CD. Efficacy of a task-based training approach in the rehabilitation of three children with poor handwriting quality: a pilot study. *Percept Mot Skills* 2015 ; 120 : 323-35.

Banks R, Rodger S, Polatajko H. Mastering handwriting: how children with developmental coordination disorder succeed with CO-OP. *OTJR Occup Particip Health* 2008 ; 28 : 100-9.

Bara F, Morin MF. Does the handwriting style learnt in first grade determine the style used in fourth and fifth grade and influence handwriting speed and quality? A comparison between French and Quebecer children. *Psychol Schools* 2013 ; 50 : 601-17.

Barray V. Dyspraxie/trouble de l'acquisition de la coordination et écriture manuelle. Partie 1 : Présentation d'une méthode d'apprentissage. *Développements* 2012a ; 11 : 37-52.

Barray V. Écriture manuelle et dyspraxie/trouble de l'acquisition de la coordination. Partie 2 : intérêt à long terme. *Développements* 2012b ; 12 : 6-17.

Berninger VW, Vaughan KB, Graham S, *et al.* Treatment of handwriting problems in beginning writers: transfer from handwriting to composition. *J Educ Psychol* 1997 ; 89 : 652-66.

Couteret P. Les Tice au service des élèves avec troubles spécifiques des apprentissages (TSA). *Nouvelle Revue de l'Adaptation et de la Scolarisation* 2009 ; 48 : 311-25.

Danna J, Velay JL, Albaret JM. Dysgraphies. In : Pinto S, Sato M (eds). *Traité de neurolinguistique*. Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2016 : 337-46.

Denton PL, Cope S, Moser C. The effects of sensorimotor-based intervention versus therapeutic practice on improving handwriting performance in 6- to 11-year-old children. *Am J Occup Ther* 2006 ; 60 : 16-27.

Despres G. Les aides techniques au collège auprès d'adolescents avec des troubles des apprentissages. *Développements* 2010 ; 6 : 43-52.

Feder K, Majnemer A, Boubonnais D, *et al.* A. Handwriting performance in preterm children compared with term peers at age 6 to 7 years. *Dev Med Child Neurol* 2005 ; 47 : 163-70.

Feder K, Majnemer A, Synnes A. Handwriting: Current trends in occupational therapy practice. *Can J Occup Ther* 2000 ; 67 : 197-204.

Freeman A, Mackinnon J, Miller L. Keyboarding for students with handwriting problems. *Phys Occup Ther Pediatr* 2005 ; 25 : 119-47.

Gonzalez C, Anderson J, Culmer P, *et al.* Is tracing or copying better when learning to reproduce a pattern. *Exp Brain Res* 2011 ; 208 : 459-65.

Graham S, Harris KR, Fink B. Is handwriting casually related to learning to write? Treatment of handwriting problems in beginning writers. *J Educ Psychol* 2000 ; 92 : 620-33.

Guillemin AL, Leveque-Dupin S. Comment l'ordinateur peut-il devenir un outil de compensation efficace de la dysgraphie pour la scolarité ? *Développements* 2012 ; 12 : 25-31.

Hamstra-Bletz L, Blöte A. A longitudinal study on dysgraphic handwriting in primary school. *J Learn Disabil* 1993 ; 26 : 689-99.

Hoy MM, Egan MY, Feder KP. A systematic review of interventions to improve handwriting. *Can J Occup Ther* 2011 ; 78 : 13-25.

Huau A, Velay JL, Jover M. Graphomotor skills in children with developmental coordination disorder (DCD): handwriting and learning a new letter. *Hum Mov Sci* 2015 ; 42 : 318-32.

Jolly C, Gentaz E. Évaluation des effets d'entraînements avec tablette tactile destinés à favoriser l'écriture de lettres cursives chez des enfants de cours préparatoire. *STICEF* 2013 ; 20 : 495-512.

Jolly C, Huron C, Gentaz E. A one-year survey of cursive letter handwriting in a French second-grade child with developmental coordination disorder. *L'Année Psychologique* 2014 ; 114 : 421-45.

Jones D, Christensen CA. Relation between automaticity in handwriting and students' ability to generate written text. *J Educ Psychol* 1999 ; 91 : 44-9.

Jongmans MJ, Linthorst-Bakker E, Westenberg Y, *et al.* Use of a task-oriented self-instruction method to support children in primary school with poor handwriting quality and speed. *Hum Mov Sci* 2003 ; 22 : 549-66.

Kaiser ML, Albaret JM, Doudin PA. Relationship between visual-motor integration, eye hand coordination and quality of handwriting. *J Occup Ther, Schools Early Interv* 2009 ; 2 : 87-95.

Kaiser ML, Albaret JM, Doudin PA. Efficacy of an explicit handwriting program. *Percept Mot Skills* 2011 ; 112 : 610-8.

Kaiser ML, Soppelsa R, Jordan G, *et al.* Principes d'enseignement et de rééducation de l'écriture et de ses troubles. In : Albaret JM, Kaiser ML, Soppelsa R (eds). *Troubles de l'écriture chez l'enfant : des modèles à l'intervention*. Paris : De Boeck Solal, 2013 : 175-205.

Laszlo JI, Bairstow PJ. Kinaesthesia: its measurement, training and relationship to motor control. *Quart J Exp Psychol* 1983 ; 35 : 411-21.

Le Flem A, Gardie C. Pertinence et limites des aménagements pédagogiques et des compensations pour l'enfant dyspraxique : du conseil pédagogique à l'utilisation de l'ordinateur en classe. *ANAE* 2011 ; 111 : 57-65.

Le Lostec C. Trouble du graphisme : les difficultés rencontrées par l'enfant dyspraxique. Que proposer ? *ANAE* 2006 ; 88-89 : 179-83.

Lockhart J, Law M. The effectiveness of a multisensory writing program for improving cursive writing ability in children with sensory motor difficulties. *Can J Occup Ther* 1994 ; 61 : 206-14.

Mazeau M. Les dyspraxies : Points de repères. *Arch Pédiatr* 2010 ; 17 : 314-8.

Mazeau M. La dyspraxie aujourd'hui. *Développements* 2013 ; 16-17 : 94-102.

Missiuna C, Mandich AD, Polatajko HJ, *et al.* Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP). Part I: theoretical foundations. *Phys Occup Ther Pediatr* 2001 ; 20 : 69-81.

Polatajko HJ, Cantin N. Developmental coordination disorder (dyspraxia): an overview of the state of the art. *Semin Pediatr Neurol* 2005a ; 12 : 250-8.

Polatajko HJ, Cantin N. La prise en charge des enfants atteints d'un trouble de l'acquisition de la coordination (TAC) : approches thérapeutiques et niveau de preuve. In : Geuze RH (ed). *Le trouble d'acquisition de la coordination*. Marseille : Solal, 2005b : 147-95.

Polatajko HJ, Mandich AD, Miller LT, *et al.* Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP). Part II : the evidence. *Phys Occup Ther Pediatr* 2001a ; 20 : 83-106.

Polatajko HJ, Mandich AD, Missiuna C, *et al.* Cognitive orientation to daily occupational performance (CO-OP). Part III : the protocol in brief. *Phys Occup Ther Pediatr* 2001b ; 20 : 107-23.

Poon KW, Li-Tsang CW, Weiss TP, *et al.* The effect of a computerized visual perception and visual-motor integration training program on improving Chinese handwriting of children with handwriting difficulties. *Res Dev Disabil* 2010 ; 31 : 1552-60.

Preminger F, Weiss PL, Weintraub N. Predicting occupational performance: handwriting versus keyboarding. *Am J Occup Ther* 2004 ; 58 : 193-201.

Reid D, Chiu T, Sinclair G, *et al.* Outcomes of an occupational therapy school-based consultation service for students with fine motor difficulties. *Can J Occup Ther* 2006 ; 73 : 215-24.

Schoemaker MM, Niemeijer AS, Reynders K, *et al.* Effectiveness of neuromotor task training for children with developmental coordination disorder: a pilot study. *Neural Plast* 2003 ; 10 : 155-63.

Sheffield B. Handwriting: a neglected cornerstone of literacy. *Ann Dyslexia* 1996 ; 46 : 21-35.

Smith-Zusovsky N, Exner CE. The effect of seated positioning quality on typical 6- and 7-year-old children's object manipulation skills. *Am J Occup Ther* 2004 ; 58 : 380-8.

Smits-Engelsman BCM, Niemeijer AS, Van Galen GP. Fine motor deficiencies in children diagnosed as DCD based on poor grapho-motor ability. *Hum Mov Sci* 2001 ; 20 : 161-82.

Soppelsa R, Albaret JM. Caractéristiques de la dysgraphie ou du trouble de l'apprentissage de la graphomotricité (TAG) au collège. *ANAE* 2014 ; 26 : 53-8.

Sudsawad P, Trombly CA, Henderson A, *et al.* Testing the effect of kinesthetic training on handwriting performance in first-grade students. *Am J Occup Ther* 2002 ; 56 : 26-33.

Vaivre-Douret L. Developmental coordination disorders: state of art. *Neurophysiol Clin* 2014 ; 44 : 13-23.

Vinter A, Chartrel E. Effects of different types of learning on handwriting movements in young children. *Learning and Instruction* 2010 ; 20 : 476-86.

Weintraub N, Graham S. The contribution of gender, orthographic, finger function, and visual-motor processes to the prediction of handwriting status. *Occup Particip Health* 2000 ; 20 : 121-40.

Woodward S, Swinth Y. Multisensory approach to handwriting remediation: perceptions of school-based occupational therapists. *Am J Occup Ther* 2002 ; 56 : 305-12.

Yancosek Ke, Howell D. Systematic review of interventions to improve or augment handwriting ability in adult clients. *OTJR Occup Particip Health* 2011 ; 31 : 55-63.

La co-existence du trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H) avec le TDC est rapportée dans plusieurs études (voir chapitre 3). De plus, les enfants avec TDA/H présentent souvent une maladresse et des difficultés motrices fine et globale (Racine et coll., 2008 ; Shum et Pang, 2009 ; Fliers et coll., 2009). De même, les enfants avec TDC montrent souvent des difficultés dans plusieurs domaines de l'attention et dans leurs capacités d'inhibition (Mandich et coll., 2003). Malgré la constatation fréquente et ancienne d'une telle association, la connaissance des mécanismes explicatifs est encore partielle et discutée. Par ailleurs l'efficacité du méthylphénidate (MPH) a été montrée dans le traitement du TDA/H. Se pose donc la question d'une action du MPH sur les troubles moteurs souvent associés au TDA/H ainsi que sur les troubles moteurs dans le cadre d'un TDC associé.

Efficacité du MPH dans le TDA/H et indications de cette médication

L'efficacité du méthylphénidate (MPH) dans le traitement du TDA/H a été montrée dans plusieurs études (Buitelaar et Medori, 2010 ; DeVito et coll., 2009). Courtabessis et coll. (2018) ont établi les facteurs cliniques permettant de poser une indication de ce traitement chez les enfants TDA/H. L'étude a porté sur des enfants âgés de 5 ans à 13 ans. Le diagnostic de TDA/H était porté à partir des critères du DSM-IV (2003). Les enfants passaient également la version française (Mouren-Simeoni, 2002) du *Kiddie-Schedule for Affective Disorders and Schizophrenia* (K-SADS-PL, Kaufman et coll., 1997), entretien semi-structuré permettant d'évaluer les épisodes actuels ou passés psychopathologiques, le *Strenghts and Difficulties Questionnaire-French version* (SDQ-Fra, Goodman, 2001), questionnaire rempli par les parents, évaluant les émotions et le comportement, l'échelle de Wechsler adaptée à l'âge (WPPSI-III, 2002 ou WISC-IV, 2005) et le *Test of Everyday Attention for Children* (TEA-Ch, Manly et coll., 2001). Parmi les 219 enfants

répondant au diagnostic de TDA/H, 160 bénéficiaient de cette évaluation pluridisciplinaire. Parmi ces derniers, le traitement par MPH était recommandé chez 105 enfants et non recommandé chez les 55 autres. Les recommandations concernaient les enfants ayant un TDA/H global ou mixte, c'est-à-dire de type hyperactivité, impulsivité et inattention, lorsqu'il existait un trouble des conduites associé ou un TDC associé ou un trouble d'apprentissage ou bien en cas de score faible à l'IRP (indice de raisonnement perceptif) à l'échelle de Wechsler.

Action du MPH sur les troubles moteurs associés au TDA/H, notamment dans le TDC

Stray et coll. (2010) ont montré que l'efficacité du MPH sur l'hyperactivité, l'impulsivité et l'inattention serait d'autant plus importante que le TDA/H est associé à des troubles moteurs. Pour expliquer le fait que les réponders au MPH aient plus de troubles moteurs que les non réponders, les auteurs suggèrent que certaines régions cérébrales sont impliquées à la fois dans la régulation motrice et dans l'inhibition et que le MPH aurait un effet sur ces régions. Pour Barkley (1998), les troubles moteurs dans le TDA/H relèveraient d'un trouble de l'inhibition résultant d'un dysfonctionnement de la région préfrontale partie orbitaire impliquée dans les fonctions exécutives. Cet auteur établit aussi que le MPH agit sur les voies dopaminergiques impliquées dans la régulation motrice *via* les régions nigro-striatales (Barkley, 1997). Berquin et coll. (1998) montrent quant à eux qu'un dysfonctionnement du circuit cérébelleux frontal serait responsable des troubles du contrôle moteur, de l'inhibition et des fonctions exécutives dans le TDA/H. Enfin Stray et coll. (2009) établissent un lien entre le système réticulé et la stabilisation corporelle.

Plusieurs autres études rapportent un effet du MPH sur la motricité dans le cadre d'un TDA/H. Ainsi Brossard-Racine et coll. (2012) ont étudié l'effet du MPH, au terme de trois mois de traitement, sur les troubles moteurs de 49 enfants diagnostiqués TDA/H. La motricité de ces enfants était évaluée à l'aide de la MABC et du *Developmental test of Visuo-Motor Integration* (VMI, Beery et coll., 2005). Les enfants étaient répartis en trois catégories de troubles moteurs (normal, limite et avéré). Ils étaient évalués au début du traitement et à trois mois de traitement. Le pourcentage d'enfants TDA/H avec troubles moteurs passait de 73,5 % au début du traitement à 55,1 % à trois mois de traitement. Kaiser et coll. (2015) ont réalisé une revue de la littérature portant sur la description des habiletés motrices chez les enfants TDA/H et l'influence du traitement par MPH sur ces habiletés motrices.

Plus de la moitié des enfants avec TDA/H avaient des troubles de la motricité fine ou globale. Le type inattention prédominante semblait présenter le plus de trouble de motricité fine, de lenteur dans les temps de réaction et de difficultés dans le contrôle moteur lors de la réalisation de tâches complexes. Le pourcentage d'enfants TDA/H qui amélioraient leurs habiletés motrices sous traitement allait de 28 à 67 % des cas. Dans un article portant sur la comparaison de l'apprentissage d'un nouveau graphème chez des adultes TDA/H avec ou sans médication, Duda et coll. (2015) montrent une amélioration de la fluidité graphomotrice chez les sujets sous médication, contrairement aux sujets sans médication.

D'autres auteurs ont également montré un effet du MPH sur les habiletés motrices pour des enfants présentant un TDA/H associé avec un TDC sans pour autant apporter de réponse sur le mécanisme d'action (direct sur la motricité ou indirect *via* l'attention ?). Flapper et coll. (2006) ont étudié les habiletés motrices d'enfants présentant un TDA/H associé à un TDC, à l'aide des sous-tests « dextérité manuelle » de la MABC, ainsi que la qualité et la vitesse graphique à l'aide du BHK (Hamstra-Bletz et coll., 1987) par rapport à un groupe contrôle, puis l'effet du MPH sur ces habiletés par rapport au groupe contrôle. Les résultats étaient en faveur d'une amélioration des scores aux sous-tests « dextérité manuelle » et de la qualité graphique. Bart et coll. (2013) ont comparé les performances motrices à l'aide de la MABC et les performances attentionnelles à l'aide du *Online Continuous Performance Test* (OCPT) (Raz et coll., 2014 chez 30 enfants diagnostiqués TDA/H et TDC recevant ou non un traitement par MPH. Les résultats étaient en faveur d'une amélioration significative des résultats des enfants recevant le traitement par MPH par rapport à ceux ne recevant pas le traitement aux différents sous-tests de la MABC et au score total de la MABC. De même, ils montraient une amélioration significative au OCPT chez les enfants avec traitement par rapport à ceux sans traitement. Bart et coll. (2010) ont étudié l'influence du MPH sur 18 enfants âgés en moyenne de 8 ans 3 mois présentant un TDA/H associé à un TDC. Concernant le TDA/H, 5 avaient un profil de type inattention prédominant, 3 un profil de type hyperactif-impulsif, et 10 un profil de type mixte. Ces enfants étaient évalués à l'aide de la K-SADS-PL et de la MABC. L'évaluation à l'aide de la MABC était réalisée soit sous MPH, soit sous placebo. L'étude était réalisée en double aveugle. Les résultats étaient en faveur d'une amélioration significative des performances motrices sous MPH contre placebo pour 1/3 des enfants présentant un TDC. Les auteurs ne donnaient pas de résultats en fonction du type de TDA/H. L'amélioration était observée sur toutes les épreuves de la batterie sauf pour l'épreuve d'équilibre statique. Selon Nicolson et Fawcett (1990), l'attention ne serait pas requise dans l'épreuve d'équilibre statique,

cette épreuve étant sous le contrôle d'un système relevant de la motricité automatique. Les auteurs nuançaient les résultats de leur étude en raison du faible effectif de leur population qui ne pouvait être représentatif de la population des enfants présentant une co-morbidité TDA/H-TDC. De plus, les auteurs ne pouvaient pas conclure sur un effet direct du MPH sur la motricité ou par l'intermédiaire d'un effet sur l'attention.

Néanmoins, plusieurs études soulignent que les effets positifs du MPH sur la motricité ne concernent pas les enfants répondant à un diagnostic de TDC en plus du TDA/H (Kaiser et coll., 2015), que les troubles moteurs se maintiennent malgré la médication en cas d'association du TDA/H avec le TDC (Gillberg et coll., 2004 ; Brossard-Racine et coll., 2012 ; Kaiser et coll., 2014 dans Courtabessis et coll., 2018) ou encore qu'une thérapie motrice est nécessaire au côté du traitement par MPH pour une partie des enfants présentant les 2 troubles (Flapper et Schoemaker, 2008). Dans cette dernière étude, les auteurs ont analysé la qualité de vie de 23 enfants présentant un TDA/H associé au TDC et l'impact du MPH sur leur qualité de vie par rapport à un groupe contrôle. Les mesures de qualité de vie étaient prises à l'aide de deux questionnaires destinés aux enfants et à leurs parents : le *Dutch-Child-AZL-TNO-Quality of Life* (DUX-25, Kolsteren et coll., 2001) et le *TNO-AZL-Child-Quality of Life* (TACQOL, Theunissen et coll., 1998 ; Vogels et coll., 1998). Par rapport au groupe contrôle, les réponses aux questionnaires traduisaient un bien-être de moins bonne qualité chez les enfants présentant un TDA/H et un TDC en raison de leurs moindres performances motrices, d'une moins bonne autonomie, de moins bonnes compétences cognitives et sociales. Une amélioration des réponses à ces deux questionnaires après prise de MPH pendant 8 semaines était observée chez 18 enfants TDA/H et TDC. Néanmoins, les auteurs précisait qu'une thérapie motrice associée au MPH était nécessaire chez presque la moitié des enfants présentant un TDA/H et un TDC.

Si le MPH semble améliorer le trouble moteur associé au TDA/H, ce n'est pas le cas lorsqu'un TDC est associé au TDA/H, ce qui suggère qu'on soit alors devant deux pathologies neurodéveloppementales répondant à des mécanismes différents. Dans ce cas, le MPH n'aurait pas d'action sur le trouble moteur lié au TDC.

Autre médication que le MPH

Doyle et coll. (2014) ont étudié l'effet du traitement par caféine, donné dans la période néonatale chez des enfants nés prématurés et dont le poids de

naissance était inférieur ou égal à 1 250 g. Il s'agissait d'une étude randomisée caféine contre placebo. Les enfants avec paralysie cérébrale et QI inférieur à 70 étaient retirés secondairement de l'étude. Les résultats étaient en faveur d'une réduction significative du taux de TDC à 5 ans chez les enfants traités par caféine. Dans un précédent article, Doyle et coll. (2010) ont rapporté que le traitement par caféine chez l'enfant prématuré dans la période néonatale améliorait la myélinisation, contrôlée à l'IRM. Cet effet était durable puisqu'à 11 ans, l'IRM des enfants traités par caféine montrait une meilleure visualisation des faisceaux cortico-spinaux. Ces éléments pourraient contribuer à éclaircir les résultats présentés qui restent toutefois à prendre avec précaution dans la mesure où une seule étude rapporte un effet positif de la caféine sur la réduction du taux de TDC chez les enfants nés prématurés.

RÉFÉRENCES

- American Psychiatric Association (APA). *DSM-IV-TR. Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux* (texte révisé). Paris : Masson, 2003.
- Barkley RA. *ADHD and the nature of self-control*. New York : Guilford Press, 1997.
- Barkley RA. *Attention-deficit hyperactivity disorder: a handbook for diagnosis and treatment*. New York : Guilford Press, 1998.
- Bart O, Daniel L, Dan O, Bar-Haim Y. Influence of methylphenidate on motor performance and attention in children with developmental coordination disorder and attention deficit hyperactive disorder. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 1922-7.
- Bart O, Podoly T, Bar-Haim Y. A preliminary study on the effect of methylphenidate on motor performance in children with comorbid DCD and ADHD. *Res Dev Disabil* 2010 ; 31 : 1443-7.
- Beery KE, Beery NA. *The Beery-Buktenica developmental test of visual-motor integration 5th edition with supplemental developmental tests of visual-motor integration and motor coordination and stepping stones age norms from birth to age six: administration, scoring and teaching manual*. Minneapolis, MN : NCS Pearson, 2004.
- Beery KE, Beery NA. *The Beery-Buktenica developmental test of visual motor integration for children and adults: administration, scoring, and teaching manual, 6th edition*. Minneapolis, MN : NCS Pearson, 2006.
- Beery KE, Beery NA. *The Beery-Buktenica developmental test of visual motor integration: administration, scoring, and teaching manual, 7th edition*. Bloomington, MN : NCS Pearson, 2010.
- Berquin PC, Giedd JN, Jacobsen LK, et al. Cerebellum in attention-deficit hyperactivity disorder: a morphometric MRI study. *Neurology* 1998 ; 50 : 1087-93.

Brossard-Racine M, Shevell M, Snider L, *et al.* Motor skills of children newly diagnosed with attention deficit hyperactivity disorder prior to and following treatment with stimulant medication. *Res Dev Disabil* 2012 ; 33 : 2080-7.

Buitelaar J, Medori R. Treating attention-deficit/hyperactivity disorder beyond symptom control alone in children and adolescents: a review of the potential benefits of long-acting stimulants. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2010 ; 19 : 325-40.

Courtabessis E, Pupier F, Surig L, *et al.* Clinical factors associated with decision to recommend methylphenidate treatment for children with ADHD in France. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2018 ; 27 : 367-76.

DeVito EE, Blackwell AD, Clark L. Methylphenidate improves response inhibition but not reflection-impulsivity in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *Psychopharmacology (Berl)* 2009 ; 202 : 531-9.

Doyle LW, Cheong J, Hunt RW, *et al.* Caffeine and brain development in very preterm infants. *Ann Neurol* 2010 ; 68 : 734-42.

Doyle LW, Schmidt B, Anderson PJ, *et al.* Reduction in developmental coordination disorder with neonatal caffeine therapy. *J Pediatr* 2014 ; 165 : 356-9.e2.

Duda TA, Casey JE, McNeveion N. Development of graphomotor fluency in daults with ADHD: evidence of attenuated procedural learning. *Hum Mov Sci* 2015 ; 44 : 1-10.

Flapper BC, Houwen S, Schoemaker MM. Fine motor skills and effects of methylphenidate in children with attention-deficit hyperactivity disorder and developmental coordination disorder. *Dev Med Child Neurol* 2006 ; 48 : 165-9.

Flapper BC, Schoemaker MM. Effects of methylphenidate on quality of life in children with both developmental coordination disorder and ADHD. *Dev Med Child Neurol* 2008 ; 50 : 294-9.

Fliers EA, Franke B, Lambregts-Rommelse NNJ, *et al.* Undertreatment of motor problems in children with ADHD. *Child Adolesc Ment Health* 2009 ; 15 : 85-90.

Gillberg C, Gillberg IC, Rasmussen P. Co-existing disorders in ADHD: implications for diagnosis and intervention. *Eur Child Adolesc Psychiatry* 2004 ; 13 (suppl 1) : 180-92.

Goodman R. Psychometric properties of the strengths and difficulties questionnaire. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2001 ; 40 : 1337-45.

Hamstra-Bletz L, De Bie J, Den Brinker BPLM. *Concise evaluation scale for children's handwriting*. Lisse : Swets & Zeitlinger, 1987.

Kaiser ML, *et al.*, 2014 (dans Courtabessis E, *et al.*, 2018).

Kaiser ML, Schoemaker MM, Albaret JM, *et al.* What is the evidence of impaired motor skills and motor control among children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD)? Systematic review of the litterature. *Res Dev Disabil* 2015 ; 36C : 338-57.

Kaufman J, Birmaher B, Brent D, *et al.* Schedule for affective disorders and schizophrenia for school-age children-Present and lifetime version (K-SADS-PL): initial reliability and validity date. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1997 ; 36 : 980-8.

Kolsteren MM, Koopman HM, Schalekamp G, *et al.* Health-related quality of life in children with celiac disease. *J Pediatr* 2001 ; 138 : 593-5.

Mandich A, Buckolz E, Polatajko H. Children with developmental coordination disorder (DCD) and their ability to disengage ongoing attentional focus: more on inhibitory function. *Brain Cogn* 2003 ; 51 : 346-56.

Manly T, Anderson V, Nimmo-Smith I. The differential assessment of children's attention: the test of everyday attention for Children (TEA-Ch), normative sample and ADHD performance. *J Child Psychol Psychiatry* 2001 ; 42 : 1065-81.

Mouren-Simeoni MC. *Kiddie-Sads – version vie entière – 6-18 ans (K-SADS-P/L)*. Paris : Inserm, 2002.

Nicolson RI, Fawcett AJ. Automaticity: a new framework for dyslexia research? *Cognition* 1990 ; 35 : 159-82.

Racine MB, Majnemer A, Shevell M, *et al.* Handwriting performance in children with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *J Child Neurol* 2008 ; 23 : 399-406.

Raz S, Bar-Haim Y, Sadeh A, *et al.* Reliability and validity of the online continuous performance test among young adults. *Assessment*. 2014 ; 21 : 108-18.

Shum SB, Pang MY. Children with attention deficit hyperactivity disorder have impaired balance function: involvement of somatosensory, visual, and vestibular systems. *J Pediatr* 2009 ; 155 : 245-9.

Stray LL, Ellertsen B, Stray T. Motor function and methylphenidate effect in children with attention deficit hyperactivity disorder. *Acta Paediatr* 2010 ; 99 : 1199-204.

Stray LL, Stray T, Iversen S, *et al.* The motor function neurological assessment (MFNU) as an indicator of motor function problems in boys with ADHD. *Behav Brain Funct* 2009 ; 5 : 22.

Theunissen NC, Vogels TG, Koopman HM, *et al.* The proxy problem: child report versus parent report in health-related quality of life research. *Qual Life Res* 1998 ; 7 : 387-97.

Vogels T, Verrips GH, Verloove-Vanhorick SP, *et al.* Measuring health-related quality of life in children: the development of the TACQOL parent form. *Qual Life Res* 1998 ; 7 : 457-65.

Wechsler D. *The Wechsler preschool and primary scale of intelligence, third edition (WPPSI-III)*. San Antonio, TX : The Psychological Corporation, 2002.

VI

Politiques du handicap,
acteurs de la prise
en charge et insertion
scolaire

18

Personnes présentant un TDC en France au prisme des politiques du handicap et de leur mise en œuvre par les MDPH

Le TDC constitue-t-il un handicap ? D'après de nombreux rapports récents et textes de politique publique nationaux ainsi que d'après les travaux scientifiques internationaux sur la participation et la vie quotidienne, il semble évident que la réponse à cette question est positive. Ainsi, le rapport l'Inspection générale de l'Éducation nationale (IGEN) sur la mise en œuvre de la loi du 11 février 2005 (Caraglio et Delaubier, 2012) indique que les élèves « dys- » font partie de ceux dont le handicap est reconnu après l'école maternelle.

Pourtant, cette inclusion ne va pas de soi et résulte d'un processus historique d'extension du champ du handicap (Ebersold, 1999) et de l'élargissement de la définition. D'après la loi du 11 février 2005, « constitue un handicap, au sens de la présente loi, toute limitation d'activité ou restriction de participation à la vie en société subie dans son environnement par une personne en raison d'une altération substantielle, durable ou définitive d'une ou plusieurs fonctions physiques, sensorielles, mentales, cognitives ou psychiques, d'un polyhandicap ou d'un trouble de santé invalidant ». L'un des effets de cette évolution est d'inclure dans le champ du handicap des populations qui n'en faisaient pas partie auparavant. C'est bien évidemment le cas pour les personnes – principalement des enfants d'âge scolaire – vivant avec un trouble développemental de la coordination (TDC), plus communément appelé dyspraxie. Cette reconnaissance nouvelle s'inscrit dans un mouvement plus large d'augmentation du nombre d'élèves reconnus handicapés (Blanc, 2011). On a donc affaire à une nouvelle population d'élèves handicapés puisque, la hausse du nombre d'élèves handicapés scolarisés dans l'enseignement ordinaire n'est pas compensée par une baisse des effectifs dans les établissements relevant du secteur sanitaire et médico-social (Amara et coll., 2012).

En vue de comprendre les modalités de prise en charge contemporaine du TDC dans leur cadre historique et politique et les principales questions traitées dans la littérature scientifique à ce propos, nous présenterons ici les grandes lignes des évolutions de politiques publiques dans le champ du handicap, à partir de travaux de recherche en sociologie et science politique. Dans un premier temps, nous nous interrogerons sur la place croissante accordée aux dimensions sociales et aux droits des personnes handicapées dans les politiques, tant françaises qu'internationales. Dans un second temps, nous étudierons la mise en œuvre des politiques s'appliquant au TDC dans le contexte français depuis les années 2000.

D'un modèle « médical » à un modèle « social » puis un modèle des « droits » ?

Le handicap a émergé en France comme secteur d'action publique au cours du XX^e siècle. Les associations ont joué un rôle décisif dans ce processus (Paterson et coll., 2000). La date de 1975 constitue un tournant avec le vote de la loi d'orientation en faveur des personnes handicapées. La notion de « personne handicapée » figure pour la première fois dans un texte de loi et ouvre les mêmes droits pour toutes les catégories de ceux qu'on appelait jusqu'alors « infirmes » au sein d'une catégorie unifiante. On notera néanmoins que le texte ne définit pas la population cible : il revient alors aux commissions spécialisées relatives au travail (Cotorep – Commission technique de reclassement et d'orientation professionnelle) ou à l'éducation (CDES – Commission départementale de l'éducation spéciale) d'attribuer le statut de personne handicapée selon un guide-barème spécifique (qui reste en vigueur jusqu'en 1993). Le handicap émerge donc en France dans le cadre de l'extension de la société salariale (Castel, 1995) et de l'obligation scolaire (Vial, 1990).

La question du handicap a connu une évolution importante entre les dernières décennies du XX^e siècle et les premières du XXI^e. Cette transition traduit conjointement un changement dans les revendications des militants de la cause des personnes handicapées et une reconceptualisation théorique des recherches en sciences sociales sur le handicap. Il y aurait un changement de « modèle » du handicap : d'un modèle qualifié de médical par ses détracteurs, on serait passé à un modèle insistant davantage sur la dimension sociale et les droits des personnes concernées.

Cette évolution survient d'abord au sein des institutions internationales, donnant ensuite lieu à des transferts dans différents pays et notamment en

France. Les nouvelles orientations des politiques du handicap doivent beaucoup à l'Organisation des Nations unies. Jusqu'à la fin des années 1970, la priorité était à la réadaptation et à la prévention du handicap. La déclaration des personnes handicapées est publiée en 1975 puis 1981 est déclarée « Année internationale des personnes handicapées ». Jusqu'en 1980, la Classification internationale des maladies (produite par l'Organisation mondiale de la santé) est le seul outil classificatoire existant. Le handicap est donc envisagé uniquement en termes de maladies, de pathologies. Puis, en 1975, l'OMS demande au rhumatologue et épidémiologiste britannique P. Wood de produire une classification des « conséquences des maladies ». Son travail aboutit en 1980 à la Classification internationale des déficiences, incapacités, handicaps (CIDIH) (OMS, 1988) qui distingue trois niveaux d'expérience du handicap : d'abord les déficiences correspondant au niveau lésionnel, ensuite les incapacités au niveau fonctionnel et enfin les désavantages qui correspondent au niveau social (Ravaud et coll., 2002).

Le modèle médical du handicap, c'est-à-dire basé sur des pathologies, fait l'objet de deux types de critiques. La première critique est militante et s'inscrit dans l'activisme contestataire du *disability movement* (Albrecht et coll., 2001). Dans la logique des luttes pour les droits civiques portés par des groupes marginalisés (notamment les femmes, les minorités raciales et sexuelles) à partir des années 1960, ce mouvement de lutte pour les droits des personnes handicapées émerge dans les années 1970. Dans sa version américaine, il revendique la désinstitutionnalisation de la prise en charge du handicap et l'accès à une vie autonome. D'après les membres de ce mouvement, la CIDIH reste fondée sur un modèle individuel et médical du handicap, puisque les pathologies demeurent la cause des déficiences. Ils revendiquent, à l'inverse, la promotion d'un modèle « social » du handicap aussi bien dans les politiques publiques que dans les travaux de recherche, réalisés dans le cadre des *disability studies*. Pour ce mouvement, la conception du handicap doit être renversée : la société crée le handicap du fait des obstacles que rencontrent les personnes. Le handicap n'est pas la conséquence d'une déficience mais résulte des barrières ou obstacles physiques, sociaux et culturels, présents dans l'environnement, auxquels les personnes handicapées sont confrontées (Baudot et coll., 2013).

La seconde critique du modèle médical du handicap est d'ordre scientifique. Dans son analyse de la loi française de 1975, le sociologue R. Castel (1981) montre comment le savoir médico-psychologique devient une forme d'expertise qui sert de fondement à un nouveau fonctionnement institutionnel. Les professionnels de santé statuent sur des dossiers, à l'aide de savoirs médicaux, mais les conclusions pratiques, notamment en termes de prise en charge, leur

échappent. On peut parler ici – bien que l'expression ne soit pas utilisée par Castel – d'un modèle médico-administratif du handicap dans la mesure où le jugement médical est objectivé et constitue la base des décisions administratives suivantes.

L'ensemble de ces critiques ont produit des effets sur les politiques au niveau international. Ainsi, la Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIF), basée sur un modèle « biopsychosocial » du handicap est venue remplacer la CIDIH en 2001 (OMS, 2001). La CIF est un modèle interactif tenant compte des facteurs personnels et environnementaux, qui distingue les fonctions, les activités (les tâches qu'une personne peut exécuter) et la participation (implication d'une personne dans une situation de vie réelle) (Ville et coll., 2014).

Par ailleurs, la question des droits des personnes handicapées a pris une place croissante dans les politiques publiques des dernières décennies. Dans un ouvrage de référence sur la question, la politiste américaine K. Heyer (2013, 2015) compare l'*Americans with Disabilities Act* (ADA, 1990) et ses transferts militants en Allemagne et au Japon. Son étude cherche à articuler les politiques publiques et les mouvements sociaux dans le domaine du handicap. Ces analyses la conduisent à opposer deux modèles dans les politiques du handicap. D'une part, un modèle des droits (*civil rights model*), basé sur le modèle « social » du handicap, qui vise l'intégration des personnes handicapées (s'opposant à la « ségrégation »), promouvant l'égalité, la défense des droits des personnes handicapées, et dans lequel les revendications sont portées par des mouvements *de* personnes handicapées (et non *pour* les personnes handicapées). D'autre part, un modèle de la protection sociale (*social welfare model*), reposant sur une définition médicale, la création de structures séparées et d'« aménagements raisonnables » pour accéder aux institutions, et dans lequel les mobilisations sont le fait des parents et des proches des personnes concernées. À la différence du modèle « social », ces deux modèles de politiques du handicap sont des idéaux-types dont la visée est uniquement analytique. L'intérêt des travaux de K. Heyer est de montrer comment les références de l'ADA ont circulé dans différents pays. À l'échelle internationale, on retiendra donc qu'il y a une hybridation des modèles.

Concernant la France, il y a également une influence de l'échelon européen dans la définition des politiques du handicap (Waldschmidt, 2009). Dans les pays européens, la politique du handicap fait partie historiquement de la protection sociale et s'est développée en parallèle d'autres domaines d'action publique. La « non-discrimination » est envisagée comme un nouveau type de politique sociale. De 1958 à 2005, la politique européenne a surtout été incitative, posant peu de contraintes légales ou financières. Elle a néanmoins

largement influencé la politique française bien que cela n'ait pas été explicite. Ainsi, la politique des droits des personnes handicapées en France résulte de circulations internationales des catégories de classification du handicap mais aussi de revendications militantes.

Les politiques du handicap en France depuis les années 2000

La loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées

Du début du XX^e siècle au début du XXI^e, la prise en charge des personnes considérées comme étant « en situation de handicap » s'est d'abord basée sur la création d'un milieu protégé (en matière d'emploi mais aussi de scolarité, avec l'éducation « spéciale ») puis a intégré la promotion de la normalisation et de l'intégration et enfin de l'inclusion (Ebersold, 1999 ; Plaisance, 2009). Par conséquent, l'expérience sociale du handicap a également évolué, allant dans le sens d'une plus grande déségrégation pour les générations les plus jeunes (Revillard, 2017).

Comme nous l'avons indiqué plus haut, la loi de 2005 propose la première définition précise du handicap dans un texte juridique de référence et marque un tournant dans les politiques du handicap en France. Cette loi s'appuie sur deux principes. D'abord, le principe d'accessibilité, un principe de droit commun, qui touche des domaines très différents de la vie sociale, relève de multiples codes (civil, santé publique, sécurité sociale, marchés publics etc.) mais dont la définition n'est pas pour autant très explicite. Ensuite, le principe de compensation, relevant d'un régime d'exception. Dans le domaine de la scolarité et de la formation par exemple, il fait suite à la loi de Refondation de l'école qui promeut l'inclusion. La circulaire n° 2016-117 fait une distinction entre des réponses de droit commun et des réponses nécessitant de recourir à la Maison Départementale des Personnes Handicapées (MDPH), c'est-à-dire relevant du handicap. Alors que le handicap a d'abord été traité comme une catégorie à part, l'objectif des politiques et rapports publics les plus récents est de mettre en place un droit commun le plus englobant possible afin que ce qui relève spécifiquement du handicap soit le plus subsidiaire (FGPEP, 2015).

Avec la loi de 2005, le handicap devient un secteur d'action publique à part entière. Pourtant, cette importante croissance ne va pas sans poser de questions. D'abord, le handicap renvoie à des domaines différents de la vie sociale et de l'action publique et implique une multiplicité d'acteurs. Néanmoins,

dès lors qu'elles sont considérées en termes de « handicap », les situations – aussi différentes soient-elles – sont pensées comme commensurables (Baudot et coll, 2013a) ce qui peut induire une complexité extrême. Ensuite, la « mise en loi » du handicap demeure une question sous-politisée : elle fait l'objet d'un consensus moral apparent et ne donne pas lieu à de réels débats. À titre d'exemple, lors des élections présidentielles de 2012, la question du handicap a été intégrée aux programmes de tous les partis sans faire l'objet de réelles discussions. Une autre caractéristique de cette politique est l'évolution vers une logique d'activation individuelle – c'est-à-dire le versement des prestations conditionné à l'attitude active du bénéficiaire –, de participation à la vie en société (Ebersold et coll., 2016) et de personnalisation. Sur ce dernier point, les politiques du handicap ne diffèrent pas des politiques sociales en général (Bertrand et coll., 2012).

Alors qu'auparavant dominait une prise en charge institutionnelle dans des établissements personnalisés, l'accompagnement dans des parcours est promu dans les politiques actuelles. « La notion de parcours, apparue dans les textes de loi du milieu des années 2000, impose une transformation des modalités d'organisation du secteur médico-social dans le suivi de la personne en situation de handicap et/ou de dépendance. En effet cette notion implique de définir avec les personnes leur projet de vie et donc de prendre en compte, dans le processus d'élaboration et de décision, les deux dimensions : celles des besoins évidemment, mais aussi celle des attentes des usagers ou de leurs proches » (FGPEP, 2015).

La mise en œuvre du « guichet unique » : état de la recherche sur les MDPH

L'un des effets majeurs induits par la loi de 2005 sur le handicap est la création des Maisons Départementales des Personnes Handicapées (MDPH). Si l'on envisage d'abord les MDPH en termes de politiques publiques, ces institutions apparaissent d'abord fragiles, en raison d'une durée de vie très incertaine au moment de leur création (Baudot et coll., 2013b). Deux logiques ont présidé à leur mise en place : d'une part, une logique de service à l'utilisateur avec la création d'un « guichet unique » du handicap ; d'autre part une logique de transformation de l'action publique, qui en fait un lieu d'expérimentation des transformations de la protection sociale (*ibid.*). Les travaux présentés ici se fondent sur des enquêtes réalisées dans les premières années d'existence des MDPH, jusqu'au début des années 2010. Le temps de la recherche étant disjoint de celui de l'administration, des éléments complémentaires sont également présentés à titre d'information.

Les MDPH sont placées sous la tutelle des conseils généraux, ce qui explique la variété des situations locales. Cette diversité concerne au premier chef les décisions des MDPH dont le caractère « départementalisé » est souligné (Caraglio et Delaubier, 2012) ou s'inscrit dans la « construction d'une jurisprudence locale » (Bureau et Rist, 2012). C'est le cas aussi pour les accompagnements humains, qui ne sont attribués ni selon les mêmes principes, ni selon les mêmes procédures (Amara et coll., 2012). Il n'y pas de parcours uniforme des dossiers des usagers. En effet, les différents modes de gestion du personnel d'une MDPH à l'autre ont des conséquences sur le fonctionnement et le traitement des demandes (Perrier, 2013). Il faut ajouter à cela des spécificités locales tenant aux territoires départementaux et à l'organisation des structures. La revendication d'une égalisation territoriale des pratiques des MDPH de la part des associations de parents dyspraxiques⁷⁸ est une indication supplémentaire de la variété des pratiques. On notera également que la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie, dans ses fonctions d'appui technique aux MDPH, s'efforce de mettre en place des outils d'harmonisation pour répondre à ces préoccupations⁷⁹.

Dans les cas concernant des enfants, les MDPH sont saisies par les familles. Les dossiers qu'elles constituent sont transmis à une équipe d'évaluation pluridisciplinaire, puis à la commission des droits et de l'autonomie des personnes handicapées (CDAPH) qui a pour fonction d'attribuer des droits aux usagers. Le travail réalisé en MDPH est donc pluridisciplinaire. Cette pluridisciplinarité s'inscrit dans le cadre des politiques en vue de l'inclusion, qui « consiste donc à faire porter le regard sur des situations que la sectorisation administrative et la place singulière tenue par les questions scolaires en France permettaient difficilement de relier » (FGPEP, 2015). Les CDAPH sont des commissions partenariales chargées d'octroyer au cas par cas des prestations, comme il en existe plus largement dans les politiques sociales depuis la fin des années 1980. Elles produisent une expertise collégiale de situations individuelles (Bertrand et coll., 2012). Ces commissions sont composées des représentants du département, des services et des établissements publics de l'État, des organismes de protection sociale (CPAM, CAF, etc.), des organisations syndicales, des associations de parents d'élèves et, pour au moins un tiers de ses membres, des représentants des personnes handicapées et de leurs familles désignés par les associations représentatives, et d'un membre du conseil départemental consultatif des personnes handicapées. Des représentants des organismes gestionnaires d'établissements ou

78. <https://www.dyspraxie.info/2015-04-14-20-59-07/nos-actions-nationales/286-manifeste-fdmf> (consulté le 28/03/2018).

79. Voir par exemple : <https://www.cnsa.fr/parcours-de-vie/maisons-departementales-des-personnes-handicapees/le-systeme-dinformation-commun-des-mdph> (consulté le 28/03/2018).

de services siègent à la commission avec voix consultative. La composition précise de la CDAPH figure à l'article R. 241-24 du code de l'action sociale et des familles (CASF).

Que montrent les travaux de recherche sur le fonctionnement de ces commissions ? Tout d'abord, qu'elles traitent un nombre considérable de dossiers (Borelle, 2015). Pour exemple, la MDPH de Seine-et-Marne traite 3000 dossiers par an, soit 150 par jour (voir communication). Ensuite, les MDPH sont soumises à des contraintes d'efficacité de type gestionnaire, qui apparaissent dans le traitement des dossiers en CDAPH (Bodin, 2012). Plus généralement, le nombre de dossiers traité fait partie des indicateurs de performance annuel remis à la CNSA (Perrier, 2013). Enfin, le fonctionnement des CDAPH est décrit comme largement automatisé et peu formalisé : de nombreuses attributions de droits sont quasi-automatiques (Bureau et Rist, 2012). Le travail des commissions s'apparente à une procédure bureaucratique : soit l'examen de certains dossiers est réalisé par d'autres instances plus administratives, soit l'examen de certains dossiers est réalisé de manière routinière (Bertrand et coll., 2012). Les décisions se font le plus souvent sans vote et de manière peu visible pour un enquêteur qui observe ces réunions (Baudot et coll., 2013b). De plus, ces décisions ont le plus souvent un horizon à court terme. Sur l'ensemble des dossiers traités, la dimension médicale l'emporte dans le processus décisionnel sur la vie quotidienne et les aspects scolaires (Bodin, 2012).

Dans les faits, ce sont les équipes pluridisciplinaires qui réalisent l'essentiel du travail d'évaluation. Tous les dossiers ne sont pas examinés en CDAPH. Ces équipes pluridisciplinaires sont composées de professionnels ayant des compétences médicales ou paramédicales, relatives à la psychologie, au travail social, à l'enseignement scolaire ou supérieur, à l'emploi et à la formation professionnelle (Baudot et coll., 2013b). En pratique, la composition de ces équipes varie selon les départements. Jouant, dans la pratique, un rôle prépondérant dans l'évaluation des dossiers, la prise de décision leur est souvent déléguée (Borelle, 2015). Leur travail consiste en une lecture du projet de vie, des documents médicaux et paramédicaux, du bilan social et des éléments scolaires. Meziani et coll. (2016) soulignent que les aspects médicaux et psychologiques sont souvent prépondérants par rapport aux autres informations. Mais dans les cas d'enfants, ce sont les enjeux scolaires qui constituent le terreau commun aux différents professionnels : « *In fine*, les registres de cohérence s'articulent tous autour d'un langage commun fondé sur un champ lexical s'appuyant sur les mondes de la psychologie, de l'éducation et de savoirs professionnels paramédicaux. Pour autant, c'est le registre scolaire, afin de déterminer le niveau de l'élève qui prend une place plus importante » (Meziani et coll., 2016).

Parmi les acteurs participant au travail des MDPH, il est important de s'intéresser plus spécifiquement aux associations. Ces dernières ont eu un rôle historiquement important dans la reconnaissance du handicap (Paterson et coll., 2000) et la loi de 2005 leur donne une place officielle. Les relations qu'entretiennent les associations avec les pouvoirs publics consistent principalement à s'intégrer à des dispositifs institutionnels prévoyant leur participation. (Baudot et coll., 2013b). Ces relations sont donc très largement institutionnalisées. Dans la MDPH observée par C. Borelle (2015), les associations d'usagers représentent le tiers des membres de la CDAPH, mais toutes les associations ne sont pas représentées pour autant. La logique qui prévaut consiste à représenter les différents types de handicap (moteur, mental, sensoriel, psychique ; Baudot et coll., 2013b), ce qui souligne en creux la prégnance des classifications du handicap. Les mêmes personnes, membres d'une CDAPH peuvent représenter à la fois des associations et des établissements gestionnaires. La légitimité des associations s'est accrue depuis 2005, car la définition du handicap présente dans la loi n'est plus strictement médicale. Elles sont considérées comme étant porteuses d'une expertise spécifique, portant sur la vie quotidienne, mais cela peut donner lieu à des querelles d'expertise (Bureau et Rist, 2012).

Concernant l'évaluation proprement dite, celle-ci prend pour point de départ la demande des parents, mais cette dernière fait l'objet de requalifications par l'équipe pluridisciplinaire (Borelle, 2015). Le droit à la compensation est un point particulièrement problématique, car il implique de mesurer le surcoût du handicap. Par exemple, des allocations comme l'allocation d'éducation de l'enfant handicapé (AEEH) sont censées financer des rééducations et non des soins, mais la limite est difficile à poser. Ces éléments posent des dilemmes aux seins des instances : « Les membres de l'équipe pluridisciplinaire attendent d'abord des parents qu'ils trouvent le juste degré de demande, ce qui revient surtout à ne pas trop en demander. Ne pas trop en demander, cela signifie de ne pas demander à la MDPH de tout compenser, au risque d'être discrédité comme une personne en demande de « réparation ». Cela signifie également de ne pas demander toutes les aides possibles, au risque d'être discrédité comme une personne essayant de tirer des bénéfices économiques du handicap de son enfant. » (Borelle, 2015). De la même manière, la MDPH de Seine-et-Marne se montre réticente à financer des prises en charge perçues comme redondantes et privilégie les demandes pour des rééducations précises (voir Communications).

Enfin, on peut s'interroger sur la place des usagers dans ces nouvelles instances. Au départ, la création d'un guichet unique avait pour objectif de faciliter l'accès des usagers. De plus, le travail d'évaluation réalisé au sein des

MDPH consiste à mettre en relation réalité vécue au quotidien avec des instruments pour faire apparaître des besoins et construire une convergence entre l'institution et les usagers (Baudot et coll., 2013b). Or, les travaux tendent à montrer que la place des usagers dans les MDPH est relativement limitée. Sur le terrain de Bureau et Rist (2012), 75 % des évaluations sont faites sur dossier seul. C. Borelle (2015) parle quant à elle d'une éviction de fait des usagers de la CDAPH. Dans les quatre MDPH étudiées par G. Perrier (2013), les usagers sont peu visibles : leur accès à la MDPH est circonscrit, et la place qui leur est accordée dans le traitement administratif des dossiers varie selon les contraintes productives et les choix de gestion du personnel. En Seine-et-Marne, le travail se fait principalement sur dossier. Bien que l'échange de documents entre partenaires soit soumis à l'accord des familles, ce fonctionnement contribue également à un éloignement des usagers. Par ailleurs, les différentes catégories de personnels des MDPH ont des conceptions de l'utilisateur différentes et parfois difficilement conciliables. Pour les médecins et travailleurs sociaux, la connaissance de l'utilisateur doit être personnalisée et suppose une discrétion professionnelle. Pour les managers, la prise en compte de l'utilisateur suppose une réponse rapide et efficace à la demande formulée par ce dernier. Pour le personnel du service « organisation et méthode », la prise en charge individualisée repose sur le respect des procédures standardisées (Baudot et coll., 2013b). D'autres éléments viennent compliquer la prise en compte des usagers, tels la présence relativement rare des projets de vie dans les dossiers MDPH (Bertrand et coll., 2012 ; Bureau et Rist, 2012) ou l'insuffisance de détails dans les bilans (voir Communications). Par ailleurs, les enquêtes intégrant les perspectives des usagers sur les administrations du handicap sont peu nombreuses (Borelle, 2015).

À partir de ce bref aperçu des politiques contemporaines en France, que peut-on conclure à propos du modèle dominant du handicap qui prévaut notamment pour les personnes présentant un TDC ? La loi de 2005 marque bien une rupture dans les modes de définitions du handicap et a transformé les fonctionnements institutionnels avec la création des MDPH (Baudot et coll., 2013b). Mais en pratique, on assiste moins au passage d'un « modèle médical » à un « modèle social » qu'à la superposition des modèles. En effet, la promotion d'un droit individualisé prenant en compte l'environnement et le projet, avec une volonté d'ajouter les aides aux conditions des personnes, s'accorde avec le modèle social. Pourtant, la conception physiologique du handicap demeure en pratique, avec par exemple le recours à un guide-barème, basé sur des considérations médicales, en vue d'attribuer des droits (Bureau et Rist, 2012). De plus, l'évaluation pluridisciplinaire n'est en réalité pas « une appréciation en situation des déficiences médicales » mais consiste en une prise en compte des « éléments aggravant le verdict médical »

(Baudot et coll., 2013b). Par ailleurs, malgré une volonté affirmée de ne pas médicaliser le handicap et de promouvoir une approche pluridimensionnelle, l'ancien modèle de la CIDIH est encore présent dans de nombreux outils d'évaluation (CNSA technique, 2013). La dimension médico-administrative reste donc importante, malgré la prise en compte de facteurs sociaux et environnementaux. Cependant, dans les cas d'enfants, la scolarité est bien l'enjeu principal à l'aune duquel sont prises les décisions pluridisciplinaires.

RÉFÉRENCES

Albrecht G, Ravaud JF, Stiker HJ. L'émergence des *disability studies* : état des lieux et perspectives. *Sciences Sociales et Santé* 2001 ; 19-4 : 43-73.

Amara F, Vignerot-Meleder H, Delaubier JP, et al. *L'accompagnement des élèves en situation de handicap. Les prescriptions : états des lieux – proposition*. Rapport conjoint IGEN/IGAENR, 2012.

Baudot PY, Borelle C, Revillard A. Les politiques du handicap : Introduction. *Terrains & Travaux* 2013a ; 23-2 : 5-15.

Baudot Py, Duvoux N, Lejeune A, et al. *Les MDPH : un guichet unique à entrées multiples*. Rapport conjoint Mire/DREES-CNSA, 2013b.

Paterson F, Barral C, Stiker HJ, et al. *L'institution du handicap. Le rôle des associations*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 2000.

Bertrand L, Caradec V, Eidelman JS. Saisir les personnes. Le fonctionnement des commissions dans l'aide au logement et aux personnes handicapées. In : Bureau MC, Sainsaulieu I (eds). *Reconfigurations de l'État social en pratique*. Lille : Presses Universitaires du Septentrion, 2012.

Blanc P. *La scolarisation des enfants handicapés*. Rapport à la présidence de la République, 2011.

Bodin R. La mise en ordre du Social. Les effets de la rationalisation de l'intervention socio-éducative sur la prise en charge de ses « publics ». In : Bureau MC, Sainsaulieu I (eds). *Reconfigurations de l'État social en pratique*. Lille : Presses Universitaires du Septentrion, 2012.

Borelle C. Qualifier des cas, produire concrètement des droits. Le cas du handicap. In : Baudot PY, Revillard A (eds). *L'état des droits. Politique des droits et pratiques des institutions*. Paris : Presses de Sciences Po, 2015.

Bureau MC, Rist B. Professionnels, associatifs et personnes handicapées réunies autour de la table : un droit en train de se faire ? In : Bureau MC, Sainsaulieu I (eds). *Reconfigurations de l'État social en pratique*. Lille : Presses Universitaires du Septentrion, 2012.

Caraglio M, Delaubier JP. *La mise en œuvre de la loi du 11 février 2005 dans l'Éducation nationale*. Rapport conjoint IGEN/IGAENR, 2012.

Castel R. La gestion des risques. *De l'anti-psychiatrie à l'après-psychanalyse*. Paris : Les Éditions de Minuit, 1981.

Castel R. *Les métamorphoses de la question sociale*. Paris : Fayard, 1995.

Ebersold S. *L'invention du handicap. La normalisation de l'infirme*. Vanves : CTNERHI, 1999.

Ebersold S, Plaisance E, Zander C. *École inclusive pour les élèves en situation de handicap. Accessibilité, réussite scolaire et parcours individuels*. Rapport de recherche, conférence de comparaisons internationales. Paris : CNESCO, 2016.

Fédération générale des pupilles de l'enseignement public (FGPEP). *Les PEP. Recherche-Action. Adapter l'accompagnement aux parcours de vie des personnes en situation de handicap*. Paris : FGPEP, 2015.

Heyer K. Droits ou quotas ? L'American with disabilities act (ADA) comme modèle des droits des personnes handicapées. *Terrains & Travaux* 2013 ; 2-23 : 127-58.

Heyer K. *Rights enabled. The disability revolution, from the US, to Germany and Japan, to the United Nations*. Ann Arbor : University of Michigan Press, 2015.

Meziani M, Toledo R, Dupont H, et al. Entre suivi personnalisé et harmonisation des pratiques évaluatives. *Nouvelle Revue de l'Adaptation et de la Scolarisation* 2016 ; 74 : 145-58.

Ministère de l'Éducation nationale. Circulaire n° 2016-117. Parcours de formation des élèves en situation de handicap dans les établissements scolaires. Paris, *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*, 2016.

Organisation mondiale de la santé (OMS). CIH, *Classification internationale des handicaps : déficiences, incapacités et désavantages. Un manuel de classification des conséquences des maladies*. Vanves : CTNERHI-Inserm, 1988.

Organisation mondiale de la santé (OMS). CIF, *Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé*. Genève : OMS, 2001.

Plaisance E. *Autrement capables : école, emploi, société, pour l'inclusion des personnes handicapées*. Paris : Autrement, 2009.

Perrier G. Mettre l'usager au cœur du dispositif ? Regards croisés sur quatre maisons départementales des personnes handicapées. *Terrains & Travaux* 2013 ; 23 : 93-112.

Ravaud JF, Letourmy A, Ville I. Les méthodes de délimitation de la population handicapé : l'approche de l'enquête de l'Insee. *Vie quotidienne et santé. Population* 2002 ; 3 : 541-65.

Revillard A. La réception des politiques du handicap : une approche par entretiens biographiques. *Revue Française de Sociologie* 2017 ; 58 : 71-95.

Vial M. *Les enfants anormaux à l'école. Aux origines de l'éducation spécialisée 1882-1909*. Paris : Armand Colin, 1990.

Ville I, Fillion E, Ravaud JF. *Introduction à la sociologie du handicap. Histoire, politiques et expérience*. Louvain La Neuve : De Boeck, 2014.

Waldschmidt A. Disability policy of the European Union: the supranational level. *ALTER-European Journal of Disability Research* 2009 ; 3 : 8-23.

19

Quelle division du travail, entre professionnels et profanes, autour des personnes présentant un TDC ?

À partir des publications consacrées aux formes d'accompagnement et aux prises en charge du TDC ainsi qu'aux acteurs impliqués – qu'ils soient professionnels ou profanes – et aux services concernés, le présent chapitre est consacré à la division du travail existant autour des personnes présentant un TDC ou dyspraxiques. Nous choisissons de parler dans ce chapitre pas seulement de personnes présentant un TDC mais aussi de personnes dyspraxiques – en raison de l'usage courant de ce terme dans les différents pays considérés (Verkerk, 1999 ; Lefèvre et Alexandre, 2011).

La notion de division du travail, mobilisée notamment en sociologie de la santé (Hughes, 1996) et en sciences de l'éducation (Tardif et Levasseur, 2010), permet d'étudier les professions les unes par rapport aux autres, d'analyser la répartition des tâches et les interactions, en tenant compte non seulement des professionnels mais aussi des « profanes » (Strauss, 1992) – en l'occurrence, les parents d'enfants dyspraxiques. Cette perspective est pertinente dans le cadre des personnes présentant un TDC dans la mesure où différents acteurs sont impliqués : le travail pluridisciplinaire est une injonction des politiques publiques pour les troubles des apprentissages en général, et est également discuté dans les publications scientifiques étudiées ici. À partir d'un corpus bibliographique, dont l'hétérogénéité et les limites sont tout d'abord soulignées, sera proposé un panorama de la division du travail autour des personnes présentant un TDC, en distinguant les différents acteurs impliqués : les dyspraxiques eux-mêmes pour commencer (principalement des enfants dans ces publications), puis leurs parents et enfin les professionnels.

Un corpus bibliographique hétérogène

Des origines nationales diverses mais sans possibilité de contextualisation

Le corpus que nous avons retenu regroupe des publications diversifiées au regard de plusieurs critères. Tout d'abord, elles portent sur des formes de division du travail dans des pays différents. Or, si la comparaison internationale est une démarche heuristique à bien des égards, elle nécessite de pouvoir contextualiser les résultats des recherches. Il existe certes des politiques internationales relatives à la prise en charge du handicap et à l'inclusion, relevant par exemple de l'OMS ou de l'Union européenne. Mais l'essentiel des dispositifs et les rôles des acteurs sont définis par des politiques nationales. Et les systèmes scolaires et les systèmes de soin sont organisés de manières très différentes selon les pays. De plus, les comparaisons internationales en sociologie du travail ont montré que la division du travail entre professions, notamment les professions paramédicales, connaît des variations importantes (Vassy, 2003). Ainsi nous efforcerons-nous de contextualiser autant que possible les publications internationales dont nous rendons compte ici. Il demeure néanmoins difficile d'évaluer la portée de tous les travaux, notamment pour ceux qui ne précisent pas les spécificités du cadre national dans lequel ils ont été réalisés.

La plus grande partie du corpus d'articles (voir Annexe méthodologique) provient de trois pays, le Royaume-Uni, le Canada et la France. Le pays le plus productif est le Royaume-Uni, avec 15 articles produits par différentes équipes de recherche. On peut souligner la diversité des questionnements et des acteurs étudiés, ainsi que des méthodes (quantitatives et qualitatives). Dans ces travaux, une place non négligeable est accordée aux perceptions des acteurs, qu'ils soient enfants ou adultes diagnostiqués TDC, parents de dyspraxiques ou professionnels (nous reviendrons sur ce point par la suite). Le Royaume-Uni est probablement le pays proposant, pour la thématique qui nous intéresse ici, la littérature scientifique la plus riche tant par le nombre de publications, la qualité des enquêtes ou la diversité des points de vue. Ces publications seront présentées de manière thématique dans la suite du chapitre (Peters et coll., 2004 ; Forsyth et coll., 2008 ; Green et Wilson, 2008 ; Kirby et coll., 2008, 2011, 2013 ; Peters et Henderson, 2008 ; Stephenson et Chesson, 2008 ; Baudinette et coll., 2010 ; Pennington et Noble, 2010 ; Maciver et coll., 2011 ; Novak et coll., 2012 ; Kolemäinen et coll., 2013 ; Barnett et coll., 2015 ; Soriano et coll., 2015 ; Pentland et coll., 2016).

En comparaison, la littérature en provenance du Canada semble plus réduite, avec 9 articles, qui plus est, rendent quasiment tous compte des travaux d'une même équipe – à géométrie variable – sous la direction de C. Missiuna (Missiuna et coll., 2006, 2007, 2015, 2017 ; Gaines et coll., 2008 a et b ; Camden et coll., 2015 a et b, 2016). Les problématiques sont centrées sur le rôle des thérapeutes (*occupational therapists* que l'on peut traduire par ergothérapeute ou psychomotricien en France) et les effets de différents programmes. Quatre de ces articles sont publiés dans des revues professionnelles d'ergothérapie.

Nous avons retenu huit articles traitant de la France. Cinq sont publiés dans la revue ANAE (*Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*), un dans *Empan*, un dans le *Journal de réadaptation médicale* et le dernier dans la *Revue de neuropsychologie*. Malgré ce faible nombre, on notera que l'approche neuropsychologique est la plus présente et l'approche psychanalytique marginale, ce qui correspond aux analyses de S. Morel (2014).

Ces articles, publiés dans des revues à l'« interface » de la recherche et des problématiques professionnelles ne sont donc pas des publications scientifiques au sens strict. Ils présentent principalement des descriptions des pratiques de rééducation ou de soin (Lefèvre et Alexandre, 2011 ; Niel-Bernard, 2011), des procédures administratives (Chablot et coll., 2011) ou l'organisation des soins dans un cadre pluridisciplinaire (Blache et Gardien, 2010 ; Thiollier et coll., 2010 ; Vaillot-Pol, 2011 ; Carrer et coll., 2016 ; Marchal, 2016). Leur principal intérêt est de permettre un état des lieux des pratiques relatives au TDC ou plus généralement aux troubles des apprentissages. À la différence des autres articles du corpus, les articles portant sur la France sont rédigés en langue française. Plus généralement, la littérature professionnelle est rédigée le plus souvent dans la langue du pays. Notre corpus comprend donc un filtre linguistique. C'est d'ailleurs ce que notent Barnett et coll. (2015) lorsque, réalisant une revue de la littérature en vue d'adapter les recommandations européennes relatives au TDC au Royaume-Uni, ils constatent l'absence de publications issues de pays germanophones.

Prééminence des revues paramédicales

Dans le corpus retenu, les revues paramédicales occupent une place prépondérante : 11 articles proviennent de revues d'ergothérapie (à l'instar du *Canadian Journal of Occupational Therapy* ou du *British Journal of Occupational Therapy*) et 2 sont issus de revues paramédicales pluridisciplinaires. Les revues consacrées à la réadaptation sont également présentes (*Disability &*

Rehabilitation, Research in developmental disabilities). Neuf articles sont issus d'une revue consacrée à la santé pédiatrique (*Child: Care Health and Development*).

Diversité méthodologique et portée limitée des résultats

On constate une importante diversité dans les méthodologies adoptées (les catégories suivantes ne sont pas nécessairement exclusives les unes des autres). On trouve ainsi des enquêtes quantitatives, notamment par questionnaire, avec des effectifs souvent faibles – 45 réponses (Peters et coll., 2004), 51 réponses (Roth et Rimmerman, 2009) – ne permettant ni comparaison avec d'autres études ni montée en généralité. L'article de Ratzon et coll. (2010) propose une étude avec groupe contrôle. Les travaux reposant sur des données qualitatives, entretiens individuels ou *focus-groups*, sont moins nombreux. Souvent assez descriptifs, les « résultats » proposés consistent en une synthèse des thèmes évoqués par les enquêtés. Quelques articles, comme Missiuna et coll. (2006) proposent néanmoins des extraits d'entretiens, et donnent lieu à une analyse thématique plus approfondie. De la même manière que pour les travaux quantitatifs, on peut s'interroger sur la portée des résultats d'analyses qualitatives. Ainsi, Missiuna et coll. (2007) se limitent-ils d'abord à 13 entretiens au motif qu'ils ont atteint la saturation théorique, avant d'indiquer en conclusion qu'ils ne peuvent pas tirer de conclusions générales, ce qui est pour le moins paradoxal.

Certains travaux, notamment britanniques (Stephenson et Chesson, 2008 ; Novak et coll., 2012), ont recours à des méthodes participatives. Dans cette perspective, l'un des objectifs de la recherche est de faire « entendre les voix » des personnes concernées par un phénomène. En pratique, les chercheurs travaillent de concert avec des représentants des personnes concernées comme des associations de malades ou de personnes handicapées. Les transcriptions des entretiens, et dans certains cas les analyses, sont soumises aux enquêtées avant d'être publiées. Bien que les auteurs ne s'en réclament pas explicitement, ces travaux portent l'empreinte des *disability studies*, particulièrement forte dans la recherche sur le handicap au Royaume-Uni (Albrecht et coll., 2001).

Deux articles (Camden et coll., 2015a et b ; Pentland et coll., 2016) s'inscrivent dans le champ du management de la santé et portent sur la mise en place de bonnes pratiques dans les services de santé. Enfin, l'article de Peters et Henderson (2008) propose une sélection de 7 études de cas en vue d'une modélisation.

On peut noter l'absence de travaux de recherche en sciences humaines et sociales (SHS) consacrés spécifiquement aux personnes présentant un TDC ou aux dyspraxiques. Cette absence tient essentiellement à l'écart existant entre les principes de sélection de la bibliographie, qui se fondent sur une pathologie, et la logique des recherches en SHS. Les problématiques dominantes dans ces dernières ne permettent pas de traiter des personnes présentant un TDC isolément d'autres dimensions historiques, sociales ou institutionnelles. Les travaux qui approchent au plus près de ces questions portent sur les pathologies les plus visibles – comme la dyslexie (Garcia, 2013) – ou les plus controversées – comme l'autisme (Borelle, 2017) – et sur les savoirs en jeu dans les troubles spécifiques des apprentissages (Morel, 2016). La division du travail est étudiée uniquement sur d'autres pathologies comme la dyslexie (Woollven, 2014). Si les ergothérapeutes ont fait l'objet d'une thèse de doctorat en sociologie (Wagner, 2004), les rapports entre le groupe professionnel et les pathologies prises en charge ne sont pas réellement étudiés. Les enquêtes sur les trajectoires diagnostiques envisagent pour leur part principalement la question du handicap mental (Eideliman, 2012).

Étudier la division du travail : les acteurs professionnels et profanes

Les dyspraxiques

Les dyspraxiques sont la première catégorie d'acteurs traités dans les études du corpus. Comme indiqué précédemment, le terme « dyspraxiques » est d'usage courant dans plusieurs des pays considérés, en particulier par les acteurs principalement concernés (Verkerk, 1999 ; Lefèvre et Alexandre, 2011). Nous ne reviendrons pas sur la variabilité des critères d'inclusion des populations étudiées, déjà constatée à plusieurs reprises dans cette expertise.

Concernant cette population, les travaux recensés en lien avec la question de la division du travail répondent essentiellement à des préoccupations cliniques. Ils contiennent peu d'information sur les personnes concernées en dehors de leurs caractéristiques cliniques, des mesures de leurs troubles et des programmes de rééducation dont ils bénéficient. Les enfants dyspraxiques font l'objet d'observations, notamment en contexte scolaire (Missiuna et coll., 2017). À l'âge adulte, les dyspraxiques sont plus souvent interrogés en tant qu'usagers, recrutés par le biais d'associations, en vue de recueillir des informations et de produire des recommandations (Barnett et coll., 2015). Les jeunes adultes – dont certains ont des diagnostics de TDC – sont interrogés en vue d'étudier l'évolution des troubles et leurs conséquences avec

l'avancée en âge (Kirby et coll., 2008, 2011). Les trajectoires et aides matérielles et humaines sont envisagées principalement dans une perspective clinique, les perceptions n'étant pas étudiées en tant que telles. Le travail de Green et Wilson (2008) fait exception dans la mesure où les auteurs recueillent les opinions d'enfants dyspraxiques. Dans le cadre de l'évaluation d'une rééducation inspirée de la CO-OP (*Cognitive Orientation to Occupational Performance*), 43 enfants âgés de 5 à 10 évaluent leurs propres performances et indiquent leurs degrés de satisfaction par rapport à celles-ci dans un questionnaire auto-administré (*Co-ordination Skills Questionnaire*). Ces réponses sont analysées en matière d'estime de soi et s'inscrivent dans une étude plus large de l'efficacité de la rééducation. La prise en compte des opinions des enfants ne relève donc pas ici d'une approche compréhensive de la dyspraxie, du sens donné par les acteurs aux difficultés qu'ils rencontrent.

Ainsi, les personnes dyspraxiques sont peu étudiées en tant que telles dans notre corpus, alors qu'elles sont les premières concernées par les troubles et peuvent être considérées comme des acteurs de leur propre prise en charge. En effet, la sociologie de la santé met en évidence le travail des patients, dans la mesure où ils contribuent à leurs propres soins (Strauss et coll., 1982). Par ailleurs, les prises en charge actuelles sont conçues en matière de parcours de soin, c'est-à-dire « comme l'ensemble des points de contact d'un patient avec le système de soins » (CNNSE, 2013, p. 5), qui s'articule avec un parcours pédagogique et un parcours de vie. Suivant la même lignée, le dernier rapport de la Haute Autorité de santé sur le sujet propose un certain nombre de recommandations pour les parcours de santé des enfants présentant des troubles des apprentissages (HAS, 2017). La notion de parcours de santé comprend les parcours de soin et intègre également les parcours de scolarisation. Les deux rapports cités (CNNSE, 2013 ; HAS, 2017) s'inscrivent dans une perspective normative de gestion du système de santé mais permettent de souligner que ces prises en charge s'inscrivent dans le temps long à l'articulation entre plusieurs dispositifs. D'ailleurs, d'après Baudot (2013) le statut d'handicapé fait l'objet d'un apprentissage : par exemple, les usagers des Maisons départementales des personnes handicapées MDPH se familiarisent progressivement avec les procédures et apprennent à mobiliser des savoirs issus de leur expérience personnelle d'une manière acceptable pour l'institution. Cet apprentissage sur le moyen et long terme gagnerait à être étudié dans le cas des personnes présentant un TDC.

Les parents d'enfants dyspraxiques

Si les enfants sont peu présents dans les travaux, une place importante est accordée aux parents. La plupart des articles soulignent qu'il est important de tenir compte de leurs points de vue, sans que les motifs soient nécessairement expliqués. Dans les travaux consacrés aux parents, on peut distinguer deux tendances : la première les considère comme des « assistants » des soignants tandis que la seconde privilégie davantage leurs perceptions.

Dans le premier ensemble d'articles, les parents sont envisagés au prisme des questions de rééducation, comme des acteurs participant à la prise en charge mais sous le regard d'autres acteurs qui sont des professionnels. L'objectif est le plus souvent d'ordre pratique : il s'agit de rendre la prise en charge plus efficace en y associant les parents (Miyahara et coll., 2009). Ainsi, les parents sont les *primary caregivers* dans une prise en charge coordonnée par les thérapeutes (Missiuna et coll., 2007). Les auteurs s'efforcent également de concevoir des programmes d'ergothérapie en accord avec les valeurs des parents (Cohn, 2001), des modules en ligne pour accroître la capacité des parents à aider leurs enfants atteints de TDC (Camden et coll., 2016) ou encore mettent en place des formations à destination des parents (Pennington et coll., 2010).

La seconde approche étudie les perceptions des parents en rapport avec le diagnostic et la prise en charge de leurs enfants (Chung, 2011 ; Miyahara et Baxter, 2011 ; Rodger et Mandich, 2011). Tous les travaux mentionnés ici ne portent pas spécifiquement sur des diagnostics de TDC au sens strict et incluent d'autres troubles mais ils s'avèrent éclairant du fait de la précision des données sur les parents et du caractère comparable des prises en charges. Interrogeant 228 parents sur leur expérience du diagnostic de TDC, Soriano et coll. (2015) mettent en évidence la durée de la démarche et l'ordre dans lequel différents professionnels sont impliqués. Ils montrent que le temps passé avant l'obtention du diagnostic est une variable-clé déterminant la satisfaction. L'importance de la durée d'attente, non seulement pour le diagnostic mais aussi pour la prise en charge, est également soulignée par Peters et coll. (2004) dans leur étude d'un service hospitalier de kinésithérapie. Sur un objet un peu plus éloigné, Roth et Rimmerman (2009) soulignent également le rôle de la détection, notamment par les mères, de certaines difficultés motrices. Les perceptions des parents ne sont cependant pas systématiquement positives ni en cohérence avec la perspective des soins. Green et Wilson (2008) mettent en effet en évidence les décalages qui peuvent exister entre les évaluations cliniques et la perception que les parents et les enfants peuvent avoir des difficultés. En termes de division du travail, on trouve des indications intéressantes quant à l'articulation entre le rôle des parents et

celui des rééducateurs : « *But therapeutic alliance seemed best developed when therapists not only brought expertise but were also empathetic, respectful of parents' knowledge, skills, needs and personal circumstances and children's abilities, and took time to be with the child and learn about their communication style* » (Pennington et Noble, 2010).

Parmi les limites de ces travaux sur les parents, on retiendra l'homogénéité des populations étudiées. Lorsque les caractéristiques de ces dernières sont précisées, les auteurs soulignent l'appartenance sociale aux classes moyennes supérieures (Roth et Rimmerman, 2009), les niveaux de diplômes élevés des parents (Cohn, 2001) ou l'absence de diversité ethnique (Soriano et coll., 2015). Or, l'appartenance sociale est un élément important dans le diagnostic comme dans la prise en charge et l'accompagnement. D'abord, les inégalités en matière de ressources financières conditionnent l'accès au diagnostic (comme nous le montrerons plus loin). Ensuite, les diagnostics médicaux ne prennent pas le même sens selon les groupes sociaux, notamment lorsqu'ils concernent des enfants (Lignier, 2010). Il en va de même pour les parcours : au-delà des difficultés réelles rencontrées, la rhétorique du « parcours du combattant », notamment rappelée à plusieurs reprises par les associations de parents (voir Communications) suppose des ressources économiques et culturelles suffisantes (Eideliman, 2012). Ainsi, les familles de catégories moyennes et supérieures sont-elles non seulement plus réceptives à certains diagnostics et disposent davantage de ressources en vue des prises en charge (voir notamment FGPEP, 2015).

D'autres éléments plus ponctuels apparaissant dans les publications étudiées gagneraient à être étudiés à la lumière des recherches en sociologie de la santé. Ainsi, la notion de quête diagnostique (Corbin et Strauss, 1988 ; Béliard et Eideliman, 2014), qui intègre les perceptions des malades et le travail d'interprétation des troubles, la temporalité du processus et les interactions avec les soignants, pourrait être mobilisée à propos des personnes présentant un TDC. De plus, le « travail des parents », notamment étudié à propos d'enfants hospitalisés (Mougel-Cojoracu, 2007), pourrait être envisagé pour les enfants porteurs d'un TDC. À propos de la reconnaissance du handicap par la Maison départementale des personnes handicapées (MDPH), le rôle des parents est en effet déterminant dans la mesure où ce sont généralement eux qui sont à l'origine de la demande qui déclenche le processus, demande qui peut ensuite faire l'objet de réinterprétations par les membres des commissions (Borelle, 2015). Les entretiens réalisés avec des mères d'enfants handicapés permettent de mettre en évidence les « apprentissages acquis au fil du montage de dossiers successifs » (p. 240). Ainsi l'expertise des parents, « spécialistes par obligation » (Eideliman, 2012), est-elle

constituée au fur et à mesure. Une recherche-action consacrée à la coordination des parcours, à travers l'étude de 58 situations de jeunes accueillis dans des établissements médico-sociaux gérés par des associations membres de la Fédération générale des pupilles de l'enseignement public (FGPEP) montre que le travail des parents varie selon le type de handicap, l'origine sociale et le temps (FGPEP, 2015). Si les situations de ces jeunes pris en charge en institution sont assez différentes des jeunes présentant un TDC, certaines observations semblent néanmoins transposables : les parents réalisent un important travail d'information, en début de trajectoire ou à des moments de « bifurcation », c'est à eux que revient la charge de la coordination temporelle, c'est-à-dire l'organisation du parcours. Le travail des parents porte rarement sur la coordination entre professionnels, sauf dans des cas de handicap très atypique : cette dernière observation mériterait d'être étudiée chez des enfants présentant un TDC.

Les associations sont également des acteurs de cette division du travail. Leurs noms, organisations et poids varient selon les pays. Dans les articles de notre corpus, elles sont mentionnées dans le cas britannique – *Movement Matters* (Barnett et coll., 2015) – et à propos du Québec (Camden et coll., 2015a et b). Cependant, leur rôle n'est pas étudié en tant que tel : elles servent principalement à identifier les populations d'étude ou à relayer des informations. En l'absence de résultats de recherche, on peut rapporter quelques observations. Le rapport sur les parcours de soin de la CNNSE (2013) souligne leur rôle d'écoute et de guidance des familles. Les deux associations nationales les plus importantes sur notre sujet, Dyspraxie France Dys et Dyspraxique Mais Fantastique, ont des objectifs communs de diffusion de connaissance sur les troubles dans différents domaines de la société et de formation d'acteurs spécialisés (auxiliaires de vie scolaire – AVS et accompagnants des élèves en situation de handicap – AESH). Auprès des familles, elles réalisent un travail d'information, d'orientation et d'entraide, portant notamment sur les démarches administratives. Leur rôle auprès des acteurs institutionnels semble viser d'abord l'application des textes existants avant de proposer des revendications réellement nouvelles. Ainsi, Dyspraxique Mais Fantastique estime par exemple qu'il est indispensable « de renforcer la prise de décision des Commissions des droits et de l'autonomie des personnes handicapées (CDAPH) au sein des MDPH, qui en vertu de l'article 241-6 du code de l'action sociale et des familles, sont bien compétentes pour : « se prononcer sur l'orientation de la personne handicapée et les mesures propres à assurer son insertion scolaire ou professionnelle et sociale » (voir Communications). Les associations participent au fonctionnement des instances du handicap, en siégeant dans les MDPH ou en travaillant avec les inspections académiques.

Des professionnels médicaux et paramédicaux

Des articles permettent d'identifier les rôles respectifs de différents professionnels médicaux et paramédicaux. Ces références sont complétées par des données réglementaires et statistiques sur les différents groupes professionnels impliqués dans la prise en charge des personnes présentant un TDC. Nous envisagerons d'abord le rôle des médecins généralistes, puis la contribution des kinésithérapeutes et orthophonistes, avant de consacrer un développement aux ergothérapeutes et psychomotriciens, pour finalement nous pencher sur le travail pluridisciplinaire et la coordination⁸⁰.

Tout d'abord, les médecins généralistes, relativement peu mentionnés dans les articles, semblent figurer parmi les premiers professionnels consultés par les parents qui constatent des difficultés motrices chez leurs enfants (Gaines et coll., 2008b ; Soriano et coll., 2015). Peters et Henderson (2008) indiquent cependant que pour chacune des 7 études de cas d'enfants suivis dans un service de kinésithérapie en Angleterre, les préoccupations d'un parent ou d'un enseignant ont précédé la première consultation médicale. Premier maillon du parcours diagnostic au sens strict, les médecins généralistes font néanmoins état de leurs faibles connaissances des troubles de l'acquisition de la coordination (Gaines et coll., 2008a). Une situation similaire est décrite dans le cas de la France. Les « médecins de ville » sont peu informés des troubles des apprentissages, alors même qu'ils sont censés jouer un rôle déterminant dans une logique de « parcours de soin », qui consiste d'abord à prescrire des bilans et rééducations paramédicaux et ensuite à coordonner les prises en charge (CNNSE, 2013).

Parmi les professionnels paramédicaux, les kinésithérapeutes et orthophonistes ne sont pas logiquement les premiers concernés, comme on le verra plus tard. Or, ils sont mentionnés dans la littérature. Le travail des kinésithérapeutes (*physiotherapists*) est envisagé dans un seul article (Rivard et coll., 2015) dans une perspective particulière, à savoir celle de la formation. Les auteurs se proposent d'évaluer un module de formation ayant pour objectif de modifier la prise en charge de la dyspraxie, afin de passer d'une gestion de la déficience à une gestion d'une maladie chronique. Concernant le travail des orthophonistes, envisagé de manière individuelle, Pennington et Noble (2010) s'intéressent aux pratiques visant à développer la communication d'enfants avec des troubles moteurs. Il s'agit visiblement d'une prise en charge secondaire. Il convient néanmoins de noter que, dans le cas français, les orthophonistes occupent une place à part parmi les professions paramédicales. Leurs effectifs sont en hausse et à la différence des ergothérapeutes et

psychomotriciens, ils ont des compétences reconnues en matière de diagnostic (en revanche pas pour le TDC) et leurs prises en charge sont remboursées par l'assurance maladie (Woollven, 2015). La situation des kinésithérapeutes en matière de diagnostic et de remboursement est similaire. De plus, bien que les personnes présentant un TDC ne fassent pas partie des compétences qui leur sont reconnues en France, les orthophonistes sont fréquemment consultés par des enfants dyspraxiques d'âge scolaire (Morel, 2014).

Les ergothérapeutes et psychomotriciens sont les professionnels paramédicaux les plus impliqués dans la prise en charge des personnes présentant un TDC. En France, à l'heure actuelle, le travail des ergothérapeutes et psychomotriciens est régi par la loi (décret n° 86-1195 du 21 novembre 1986 fixant les catégories de personnes habilitées à effectuer des actes professionnels en ergothérapie ; décret n° 88-659 du 6 mai 1988 relatif à l'accomplissement de certains actes de rééducation psychomotrice). L'accès à chacun de ces groupes professionnels fait suite à une formation de 3 années et l'obtention d'un diplôme d'État. À la différence d'autres auxiliaires médicaux, comme les masseurs-kinésithérapeutes, les orthophonistes ou les orthoptistes, leur activité n'appartient pas à la nomenclature des actes professionnels pris en charge par l'assurance maladie (JO du 30 mars 2005). Ces deux groupes se distinguent d'abord par leur origine, américaine et anglo-saxonne pour les ergothérapeutes (Charret et Thiébaud-Samson, 2017) et française pour les psychomotriciens (Hermant, 2008). Si le terme *occupational therapist* utilisé dans les articles en anglais peut généralement être traduit par « ergothérapeute » en lien avec le contexte national dans lequel il s'inscrit, il recouvre en fait un champ plus large que celui des ergothérapeutes dans le contexte français en intégrant le champ des psychomotriciens. Les compétences de ces professionnels font l'objet de formulations différentes. Les ergothérapeutes sont habilités à accomplir sur prescription médicale « des bilans ostéo-articulaires, neurologiques, musculaires, trophiques, fonctionnels, d'autonomie ou d'évaluation des difficultés relationnelles », « la mise en condition articulaire et musculaire ou la facilitation d'une fonction », à organiser des activités visant, entre autre, « la rééducation de la sensorimotricité », « l'adaptation ou la réadaptation aux gestes professionnels ou de la vie courante », « le développement des facultés d'adaptation ou de compensation » et enfin « l'application d'appareillages et de matériels d'aide technique » ainsi que des actions sur l'environnement (décret n° 86-1195). Les psychomotriciens peuvent réaliser, sur prescription médicale également, un « bilan psychomoteur », l'« éducation précoce et stimulation psychomotrices », la « rééducation des troubles du développement psychomoteur ou des désordres psychomoteurs » – parmi lesquels figurent entre autres les « troubles du schéma corporel » et

les « maladresses motrices et gestuelles, dyspraxies » et contribuer au traitement de différents troubles et déficiences « d'origine psychique ou physique » (décret n° 88-659 du 6 mai 1988). Le TDC ne figure pas explicitement parmi les compétences de ces professionnels ; seules les « dyspraxies » sont mentionnées pour les psychomotriciens. Ceci peut notamment s'expliquer par le fait que le terme TDC n'existait pas au moment de ces décrets et, qu'en outre, le terme de dyspraxie est très largement utilisé tant par les professionnels du soin que par les familles.

Les ergothérapeutes (*occupational therapists*) sont le groupe professionnel paramédical le plus présent dans les articles considérés, à la fois comme objet d'études mais aussi en tant qu'auteurs. La profusion d'articles rédigés par ces thérapeutes et publiés dans des revues scientifiques de cette discipline peut s'expliquer par l'existence, dans les pays anglo-saxons, d'une recherche en ergothérapie et d'un doctorat dans cette discipline, ce qui n'est pas le cas en France (Wagner, 2004). Ces articles ont pour intérêt de présenter des méthodologies de prise en charge principalement au Canada (à l'instar de Camden et coll., 2015a ou Missiuna et coll., 2015, 2017). On trouve aussi des articles présentant de manière descriptive le travail des ergothérapeutes en France (Lefèvre et Alexandre, 2011) et au Pays-Bas (Verkerk, 1999) ou des psychomotriciens en France (Rocher, 2011). Dans l'ensemble de ces articles, le travail réel des ergothérapeutes (il en va de même pour les psychomotriciens) en lien avec le TDC n'est pas réellement analysé. Les recherches en sociologie et psychologie du travail ainsi qu'en ergonomie opèrent une distinction entre travail prescrit et travail réel (Avril et coll., 2010). Il s'agit de distinguer les dimensions officielles de l'activité, notamment les compétences reconnues à un groupe professionnel, des pratiques de travail plus informelles afin de souligner les écarts existant entre ces deux dimensions. En l'absence d'observations et d'analyse du travail réel, le bilan des connaissances scientifiques se trouve donc limité. L'article de Verkerk (1999) fait exception dans la mesure où il étudie dans une perspective qualitative les difficultés rencontrées par 6 ergothérapeutes néerlandais dans la prise en charge d'enfants dyspraxiques. Ces difficultés concernent l'enfant, les interactions entre l'enfant et le thérapeute, le thérapeute et l'environnement de l'enfant, le fonctionnement institutionnel et les connaissances du thérapeute. Malgré son originalité, la portée de cette étude de cas est limitée.

On peut toutefois synthétiser quelques observations relatives à l'ergothérapie et à la psychomotricité en France. Le premier constat tient au coût des bilans et prises en charges par ces professionnels. Ainsi, un bilan de psychomotricité serait de l'ordre de 150 € et une séance d'ergothérapie en libéral coûterait

entre 40 et 50 € (voir Communications). Le rapport de la CNNSE (2013) indique que cette absence de prise en charge induit des problèmes d'équité dans l'accès aux ressources. De son côté, l'association Dyspraxique Mais Fantastique évalue l'ensemble des bilans (psychomotricité, ergothérapie, neuropsychologie) de 300 à 900 € (voir Communications). On constate également qu'il existe des réticences à l'égard de certaines prises en charge ainsi que des concurrences entre professions. Par exemple, les doubles prises en charge tendent à ne pas être financées par certaines MDPH (voir Communications). Par ailleurs, la graphothérapie est totalement absente des publications scientifiques, bien qu'elle fasse partie des thérapies auxquelles ont effectivement recours les familles d'enfants présentant un TDC (voir Communications), sans pour autant que son intérêt ait pu être validé scientifiquement.

Existe-t-il un modèle canadien ? Ce que l'on peut apprendre des comparaisons internationales

Comme nous l'avons indiqué précédemment, la proportion de publications en provenance de la province canadienne de l'Ontario est importante dans la littérature étudiée dans ce chapitre. Ce constat nous a amenés à nous interroger sur les enseignements qui pourraient être tirés de cette situation étrangère spécifique, au vu de la littérature existante.

Un rapport de recherche financé par le ministère de la Santé de la province et réalisé par le *CanChild Centre for Childhood Disability Research* de l'université McMaster en partenariat avec l'*Ontario Association of Children's Rehabilitation Services* (King et coll., 2000a,b et c) nous renseigne sur les services de prise en charge des enfants handicapés. Ces données ne sont pas extrêmement récentes puisque l'enquête a été réalisée en 1999 et le rapport publié en 2000. Elles sont donc antérieures aux articles scientifiques étudiés ici. Par ailleurs, les auteurs de ce rapport figurent déjà dans notre bibliographie et n'introduisent pas de perspective réellement différente.

Le point de départ de la recherche est le changement, présenté comme « radical », d'approche dans la prise en charge des enfants handicapés, passant d'un modèle orienté par les professionnels (*professional directed*) à un modèle centré sur les familles (*Family Centred Service* ou FCS). « *Le modèle centré sur les familles est une méthode et une philosophie permettant d'offrir un service aux enfants et aux parents, qui met l'accent sur l'existence d'un partenariat entre les parents et les prestataires de service, insiste sur le rôle de la famille dans la prise de décisions qui concernent l'enfant et reconnaît que les parents sont des*

experts du statut et des besoins de leur enfant »⁸¹ (King et coll., 2000a, p. 1). Ce rapport ne porte pas explicitement sur les politiques de prise en charge du handicap et leurs évolutions. Il ne permet donc pas de mener une comparaison terme à terme avec la situation française. Cependant, les analyses et informations factuelles présentes dans ce rapport ainsi que dans les articles s'avèrent éclairantes lorsqu'on les met en regard avec le cas français. Ces publications permettent de cerner plus précisément les rôles de deux groupes d'acteurs : d'abord les ergothérapeutes puis les parents.

L'efficacité des systèmes de santé apparaît comme une problématique centrale. C'est le cas dans ce rapport comme dans d'autres articles analysés (Gaines et coll., 2008a et b ; Camden et coll. 2015a et b, 2016 ; Missiuna et coll., 2017). Comme nous l'avons déjà indiqué plus haut, les ergothérapeutes jouent un rôle central de formation des autres professionnels impliqués dans le partenariat (Gaines et coll., 2008a) mais aussi des parents (Camden et coll., 2016). Si cette centralité des ergothérapeutes est relativement compréhensible dans des dispositifs portant spécifiquement sur le TDC, elle est plus surprenante pour un lecteur français dès lors qu'on envisage l'ensemble des situations de handicap. Ainsi, les professionnels le plus souvent impliqués dans la prise en charge des enfants handicapés en général dans des centres spécialisés en Ontario sont d'abord des ergothérapeutes (67,8 %) puis des orthophonistes et ensuite des kinésithérapeutes. C'est donc la place des ergothérapeutes dans la division du travail entre professions paramédicales qui diffère. Par ailleurs, on notera que le poids de cette profession est bien plus important au Canada qu'en France. En 2015, on comptait 16 552 *occupational therapists* pour 35,9 millions d'habitants au Canada (ICIS, 2017). On comptait l'année suivante 10 417 ergothérapeutes pour 66,9 millions d'habitants en France (DREES, 2016) soit trois fois moins. Ainsi, si les ergothérapeutes ont davantage de poids dans les politiques et les pratiques canadiennes relatives aux troubles d'acquisition de la coordination, c'est en grande partie en raison de la place qu'ils occupent déjà dans le champ du handicap.

Comment les parents sont-ils envisagés dans ces publications ? En théorie, dans l'approche FCS, les parents sont considérés comme des experts du statut et des besoins de leur enfant. Ils sont placés sur un pied d'égalité avec les professionnels. Dans l'analyse, on constate qu'ils sont également envisagés comme des clients dont on mesure la satisfaction (King et coll., 2000b,

81. Extrait traduit en français dans le cadre de la rédaction de ce chapitre : « *FCS is a method and philosophy of service delivery for children and parents which emphasizes a partnership between parents and service providers, focuses on the family's role in decision-making about their child, and recognizes parents as the experts on their child's status and needs* ».

p. 25). Si cette dernière est relativement élevée dans l'ensemble, le fait même de se poser la question en ces termes, d'envisager les parents comme des clients, implique automatiquement qu'ils sont dans une relation asymétrique face aux prestataires de services (le rapport ne parle pas de professionnels mais de *service providers*) et aux managers des centres. Ainsi, d'après les informations disponibles, la participation des parents ne touche pas au cœur du fonctionnement des établissements. De plus, les parents mentionnés dans le rapport et les articles sont toujours des individus. À aucun moment dans les productions canadiennes il n'est fait mention d'associations de parents, qu'il s'agisse du handicap en général ou des personnes présentant un TDC en particulier. Au regard du cas français, cette absence est surprenante dans la mesure où, en France, les associations de parents ont joué historiquement un rôle décisif dans la reconnaissance du handicap (Paterson et coll., 2000) et les associations de personnes handicapées continuent d'occuper une position centrale dans le fonctionnement des institutions du handicap, en tant que gestionnaires d'établissements ou dans les instances des MDPH (Baudot, 2013).

Il s'avère donc pertinent de parler d'un modèle canadien – ou du moins ontarien – si l'on souhaite rendre compte de l'organisation de la prise en charge des TDC. En revanche, la possibilité de le transposer ou de l'imiter en France semble difficile dans la mesure où non seulement l'organisation (pensée en termes de services davantage que de soins) mais aussi les rôles des différents acteurs sont définis de manières radicalement différentes.

Travailler ensemble, les modalités de coopération

Les différents professionnels ne sont pas uniquement envisagés de manière individuelle, mais aussi dans le cadre d'un travail pluridisciplinaire. Cette question est traitée dans les deux articles consacrés aux *allied health professions* (Rodger et coll. 2005 ; Forsyth et coll. 2008) et aux articulations dans des *workshops* de formation ou dans le cadre de réseaux de soin. L'organisation des services ou réseaux de soin fait également l'objet d'articles, notamment français (Thiollier et coll., 2010 ; Vaillot-Pol, 2011). Ceux-ci sont intéressants à titre informatif uniquement et ne proposent pas de perspective analytique. D'autres articles sont consacrés à des évaluations de services de soin. Cependant, en l'absence de données permettant une contextualisation spécifique pour des services de soin britanniques (Pentland et coll., 2016), canadiens (Camden et coll., 2015a et b) ou américains (Cohn, 2001), il est difficile de tirer des conclusions plus larges.

Les questions de la coopération entre différents professionnels et de l'activité professionnelle générée par la coordination des parcours sont envisagées dans une recherche-action sur les jeunes accueillis dans les établissements des PEP (FGPEP, 2015). Cette notion de coordination est très présente dans les textes administratifs et de politiques publiques. Les données analysées dans ce rapport sont issues de *focus groups* réalisés auprès de professionnels des établissements sanitaires et médico-sociaux, de l'observation de réunions et de l'étude de documents produits. La recherche identifie deux niveaux de coordination : d'une part, celui du quotidien qui regroupe les professionnels participant au suivi des jeunes ; d'autre part une coordination de cadrage qui articule les points de vue de différents professionnels. Elle met également en évidence trois types d'obstacles à la coordination des pratiques professionnelles. Le premier porte sur la difficulté à identifier les pratiques et les professionnels des secteurs voisins et renvoie donc à la méconnaissance des sigles et à l'absence de langage commun aux secteurs médico-social, sanitaire et éducatif. Le deuxième concerne le manque de ressources institutionnelles. Le troisième renvoie au manque de disponibilité, de temps et d'objectifs partagés. Par ailleurs, cette recherche montre que la coordination est le plus souvent initiée dans le cadre d'un établissement médico-social (la moitié des cas étudiés). Or, dans le cas des personnes présentant un TDC pour lequel les jeunes ne sont pas pris en charge dans ce type d'établissements et sont scolarisés en classe ordinaire, la question de l'initiative de la coordination reste donc posée. Le rôle des parents dans la gestion des parcours devient alors d'autant plus important à étudier empiriquement.

Cette présentation des données de la littérature scientifique s'avère donc très succincte si on la compare à la réalité des pratiques de division du travail. Ces dernières rassemblent en effet des acteurs extrêmement variés (pédiatres, neuropsychologues, etc.), intervenant parfois de manière ponctuelle, parfois dans la durée, selon des modalités de coopération très diverses, qui vont des institutions spécifiquement dédiées aux difficultés d'apprentissages (centres de référence, Centres Médico-Psycho-Pédagogiques, etc.) jusqu'à des formes de coordination informelle. Or ces questions ne sont pas abordées par la recherche dans le cas spécifique des personnes présentant un TDC. De plus, la division du travail autour des enfants dyspraxiques implique aussi des acteurs scolaires. Ce point sera abordé au chapitre suivant.

Pour conclure, la division du travail entre différents professionnels de la santé et du soin est un des éléments centraux dans la prise en charge des personnes présentant un TDC. La réalité du travail pluridisciplinaire est soulignée dès la formation initiale des différents professionnels (Rodger et coll, 2005). De manière encore plus générale, les travaux sociologiques ont montré

l'importance et la réalité du travail pluridisciplinaire dans les établissements et structures chargées de la prise en charge des difficultés scolaires (Morel, 2014). Néanmoins, la division du travail est beaucoup plus difficile à appréhender dès lors qu'elle associe des professionnels exerçant en libéral (voir à propos de l'orthophonie Woollven, 2015). De plus, les articles recensés traitent relativement peu des patients en tant que tels, alors même que l'expertise profane et la figure du « patient expert » (Epstein, 1995) ont donné lieu à de nombreux travaux à propos d'autres pathologies. En outre, le rôle des parents dans cette division du travail est peu visible dans le corpus étudié, alors même qu'il s'avère décisif notamment dans des situations où les diagnostics prennent du temps et sont susceptibles d'être contestés (Eideliman, 2012).

RÉFÉRENCES

- Albrecht G, Ravaut JF, Stiker HJ. L'émergence des *disability studies* : état des lieux et perspectives. *Sciences Sociales et Santé* 2001 ; 19-4 : 43-73.
- Avril C, Cartier M, Serre D. *Enquêter sur le travail. Concepts, méthodes, récits*. Paris : La Découverte, 2010.
- Barnett AL, Hill EL, Kirby A, *et al.* Adaptation and extension of the European recommendations (EACD) on developmental coordination disorder (DCD) for the UK context. *Phys Occup Ther Pediatr* 2015 ; 35 : 103-15.
- Baudinette K, Sparks J, Kirby A. Survey of paediatric occupational therapists' understanding of developmental coordination disorder, joint hypermobility syndrome and attention deficit hyperactivity disorder. *Br J Occup Ther* 2010 ; 73 : 366-72.
- Baudot PY. *Les MDPH : un guichet unique à entrées multiples*. Paris : Mire/DREES-CNSA, 2013.
- Béliard A, Eideliman JS. Mots pour maux. Théories diagnostiques et problèmes de santé. *Revue Française de Sociologie* 2014 ; 55-3 : 507-36.
- Blache A, Gardie C. Rôles et missions d'un enseignant spécialisé exerçant en centre de référence. *ANAE* 2010 ; 22 : 403-7.
- Borelle C. Qualifier des cas, produire concrètement des droits. Le cas du handicap. In : Baudot PY, Revillard A (eds). *L'état des droits. Politique des droits et pratiques des institutions*. Paris : Presses de Sciences Po, 2015.
- Borelle C. C'est uniquement social. Sur la production d'un dualisme social/psychiatrique en sciences sociales et dans le travail ordinaire de la psychiatrie. *Politix* 2017 ; 117 : 201-22.
- Camden C, Leger F, Missiuna C. A service delivery model for children with DCD based on principles of best practice. *Phys Occup Ther Pediatr* 2015a ; 35 : 412-25.

Camden C, Wilson B, Kirby A, *et al.* Best practice principles for management of children with developmental coordination disorder (DCD) : results of a scoping review. *Child Care Health Dev* 2015b ; 41 : 147-59.

Camden C, Foley V, Anaby D, *et al.* Using an evidence-based online module to improve parents' ability to support their child with developmental coordination disorder. *Disabil Health J* 2016 ; 9 : 406-15.

Carrer C, Duboel N, Le Cornet Y. L'interdisciplinarité. Un modèle d'accompagnement des jeunes présentant des troubles spécifiques des apprentissages. *Empan* 2016 ; 1 : 66-71.

Chabloz C, Marignier S, Dargent S, *et al.* Consensus régional formalisé sur la dyspraxie développementale : la dyspraxie. *ANAE* 2011 ; 23 : 51-6.

Charret L, Thiebaut-Samson S. Histoire, fondements et enjeux actuels de l'ergothérapie. *Contraste* 2017 ; 45-1 : 17-36.

Chung CY, Liu WY, Chang CJ, *et al.* The relationship between parental concerns and final diagnosis in children with developmental delay. *J. Child Neurol* 2011 ; 26 : 413-9.

Commission nationale de la naissance et de la santé de l'enfant (CNNSE). *Parcours de soins des enfants et des adolescents présentant des troubles du langage et des apprentissages*. Paris : CNNSE, 2013.

Cohn ES. Parent perspectives of occupational therapy using a sensory integration approach. *Am J Occup Ther* 2001 ; 55 : 285-94.

Corbin J, Strauss A. *Unending work and care*. San Francisco : JosseyBass, 1988.

Eideliman JS. Spécialistes par obligation. Des parents face au handicap mental : théories diagnostiques et arrangements pratiques. *ALTER – European Journal of Disability Research/Revue Européenne de Recherche sur le Handicap* 2012 ; 6 : 135-41.

Epstein S. The construction of lay expertise: AIDS activism and the forging of credibility in the reform of clinical trials. *Sci Technol Human Values* 1995 ; 20 : 408-37.

Fédération générale des pupilles de l'enseignement public (FGPEP). *Les PEP. Recherche-Action. Adapter l'accompagnement aux parcours de vie des personnes en situation de handicap*. Paris : FGPEP, 2015.

Forsyth K, Maciver D, Howden S, *et al.* Developmental coordination disorder: a synthesis of evidence to underpin an allied health professions' framework. *Int J Disabil Hum Dev* 2008 ; 55 : 153-72.

Gaines R, Missiuna C, Egan M, *et al.* Educational outreach and collaborative care enhances physician's perceived knowledge about developmental coordination disorder. *BMC Health Serv Res* 2008a ; 8 : 21.

Gaines R, Missiuna C, Egan M, *et al.* Interprofessional care in the management of a chronic childhood condition: developmental coordination disorder. *J Interprof Care* 2008b ; 22 : 552-5.

Garcia S. *À l'école des dyslexiques. Naturaliser ou combattre l'échec scolaire ?* Paris : La Découverte, 2013.

Green D, Wilson BN. The importance of parent and child opinion in detecting change in movement capabilities. *Can J Occup Ther* 2008 ; 75 : 208-19.

Haute Autorité de santé (HAS). *Comment améliorer le parcours de santé d'un enfant avec troubles spécifiques du langage et des apprentissages*. Saint-Denis : HAS, 2017.

Hermant G. La psychomotricité dans le monde. Origines, évolutions, actualités et perspectives. *Contraste* 2008 ; 28/29-1 : 27-40.

Hughes E. *Le regard sociologique. Essais sociologiques*. Paris : Éditions de l'EHESS, 1996.

King S, Law M, King G, *et al.* Children with disabilities in Ontario: a profile of children's services. Part 1: children, families and services. *CanChild Centre for Childhood Disability Research* 2000a.

King S, Law M, King G, *et al.* Children with disabilities in Ontario: a profile of children's services. Part 2: Perceptions about family-centred service delivery for children with disabilities. *CanChild Centre for Childhood Disability Research* 2000b.

King S, Law M, King G, *et al.* Children with disabilities in Ontario: a profile of children's services. Part 3: factors affecting family-centred service delivery for children with disabilities. *CanChild Centre for Childhood Disability Research* 2000c.

Kirby A, Edwards L, Sugden D. Emerging adulthood in developmental coordination disorder: parent and young adult perspectives. *Res Dev Disabil* 2011 ; 32 : 1351-60.

Kirby A, Sugden D, Beveridge S, *et al.* Developmental coordination disorder (DCD) in adolescents and adults in further and higher education. *J Res Spec Educ Needs* 2008 ; 8 : 120-31.

Kirby A, Williams N, Thomas M, *et al.* Self-reported mood, general health, well-being and employment status in adults with suspected DCD. *Res Dev Disabil* 2013 ; 34 : 1357-64.

Kolehmainen N, Duncan E, Francis JJ. Clinicians' actions associated with the successful patient care process: A content analysis of interviews with paediatric occupational therapists. *Disabil Rehabil* 2013 ; 35 : 388-96.

Lefèvre G, Alexandre A. Contributions of occupational therapy with dyspraxic children. *Journal de Réadaptation Médicale* 2011 ; 31 : 22-30.

Lignier W. L'intelligence investie par les familles. Le diagnostic de « précocité intellectuelle », entre dispositions éducatives et perspectives scolaires. *Sociétés Contemporaines* 2010 ; 79 : 97-119.

Maciver D, Owen C, Flannery K, *et al.* Services for children with developmental coordination disorder: the experiences of parents. *Child Care Health Dev* 2011 ; 37 : 422-9.

Marchal F. Quelle prise en charge pour des enfants ayant des troubles du geste ? *Revue de Neuropsychologie* 2016 ; 8 : 93-8.

Missiuna C, Polatajko HJ, Pollock N. Strategic management of children with developmental coordination disorder. In : Cairney J (ed). *Developmental coordination disorder and its consequences*. Toronto : University of Toronto Press, 2015 : 215-52.

Missiuna C, Moll S, Law M, *et al.* Mysteries and mazes: parents' experiences of children with developmental coordination disorder. *Can J Occup Ther* 2006 ; 73 : 7-17.

Missiuna C, Moll S, King S, *et al.* A trajectory of troubles: parents' impressions of the impact of developmental coordination disorder. *Phys Occup Ther Pediatr* 2007 ; 27 : 81-101.

Missiuna C, Pollock N, Campbell W, *et al.* Using an innovative model of service delivery to identify children who are struggling in school. *Br J Occup Ther* 2017 ; 80 : 145-54.

Miyahara M, Butson R, Cutfield R, *et al.* A pilot study of family-focused tele-intervention for children with developmental coordination disorder: development and lessons learned. *Telemed J E Health* 2009 ; 15 : 707-12.

Miyahara M, Baxter GD. Children with dyspraxia: a survey of diagnostic heterogeneity, use and perceived effectiveness of interventions. *J Dev Phys Disabil* 2011 ; 23 : 439-58.

Morel S. *La médicalisation de l'échec scolaire*. Paris : La Dispute, 2014.

Morel S. Troubles dans les apprentissages : neurosciences cognitives et difficultés scolaires. *Revue Européenne des Sciences Sociales* 2016 ; 54-1 : 221-47.

Mougel-Cojocar S. Au-delà de l'accompagnement : Le « double » travail des parents lors d'une consultation pédiatrique spécialisée. *Recherches Familiales* 2007 ; 4-1 : 149-63.

Niel-Bernard V. Troubles visuo-spatiaux de l'enfant né prématurément. *Développements* 2011 ; (n° 7) : 47-52.

Novak C, Lingam R, Coad J, *et al.* Providing more scaffolding: parenting a child with developmental coordination disorder, a hidden disability. *Child Care Health Dev* 2012 ; 38 : 829-35.

Paterson F, Barral C, Stiker HJ, *et al.* *L'institution du handicap : le rôle des associations*. Rennes : Presses Universitaires de Rennes, 2000.

Pennington L, Noble E. Acceptability and usefulness of the group interaction training programme It takes two to talk to parents of pre-school children with motor disorders. *Child Care Health Dev* 2010 ; 36 : 285-96.

Pentland J, Maciver D, Owen C, *et al.* Services for children with developmental coordination disorder: an evaluation against best practice principles. *Disabil Rehabil* 2016 ; 38 : 299-306.

Peters JM, Henderson SE, Dookun D. Provision for children with developmental coordination disorder (DCD): audit of the service provider. *Child Care Health Dev* 2004 ; 30 : 463-79.

Peters JM, Henderson SE. Understanding developmental coordination disorder and its impact on families: the contribution of single case studies. *Int J Disabil Dev Educ* 2008 ; 55 : 97-111.

Ratzon NZ, Zabaneh-Tannas K, Ben-Hamo L, *et al.* Efficiency of the home parental programme in visual-motor home activity among first-grade children. *Child Care Health Dev* 2010 ; 36 : 249-54.

Rivard L, Camden C, Pollock N, *et al.* Knowledge to practice in developmental coordination disorder: utility of an evidence-based online module for physical therapists. *Phys Occup Ther Pediatr* 2015 ; 35 : 178-94.

Rocher MA. Le regard d'un psychomotricien dans une équipe pluridisciplinaire. Pourvu que l'arbre ne cache pas la forêt ! *ANAE* 2011 ; 23 : 36-38.

Rodger S, Mandich A. Getting the run around: accessing services for children with developmental coordination disorder. *Child Care Health Dev* 2005 ; 31 : 449-57.

Rodger S, Mickan S, Marinac J, *et al.* Enhancing teamwork among allied health students: evaluation of an interprofessional workshop. *J Allied Health* 2005 ; 34 : 230-5.

Roth D, Rimmerman A. Perceptions of middle-class mothers of their children with special needs participating in motor and sport programs. *Int J Rehabil Res* 2009 ; 32 : 356-9.

Soriano CA, Hill EL, Crane L. Surveying parental experiences of receiving a diagnosis of developmental coordination disorder (DCD). *Int Rev Res Dev Disabil* 2015 ; 43-44 : 11-20.

Stephenson EA, Chesson RA. Always the guiding hand: parents' accounts of the long-term implications of developmental coordination disorder for their children and families. *Child Care Health Dev* 2008 ; 34 : 335-43.

Strauss A. *La trame de la négociation. Sociologie qualitative et interactionnisme*. Paris : L'Harmattan, 1992.

Strauss A, Fagerhaugh S, Suczek B, *et al.* The work of hospitalized patients. *Soc Sci Med* 1982 ; XVI : 977-86.

Tardif M, Levasseur L. *La division du travail éducatif. Une perspective nord-américaine*. Paris : PUF, 2010.

Thiollier MC, Languilaire S, Fourneret P. Le Réseau DYS/10 – La place d'un réseau de ville dans le partenariat interprofessionnel autour des troubles spécifiques des apprentissages. *ANAE* 2010 ; 22 : 411-21.

Vaillot-Pol N. Une nouvelle logique d'action : DELTA 01(OVE), le dispositif d'expertise et de liaison pour les troubles des apprentissages du département de l'Ain : la dyspraxie. *ANAE* 2011 ; 23 : 66-70.

Vassy C. Données qualitatives et comparaison internationale : l'exemple d'un travail de terrain dans des hôpitaux européens. In : Lallement M, Spurk Jan (dir). *Stratégies de la comparaison internationale*. Paris : CNRS Éditions, 2003.

Verkerk G. The common problem of Dutch occupational therapists in their intervention with young children with developmental dyspraxia. *Br J Occup Ther* 1999 ; 62 : 89-94.

Wagner C. *L'ergothérapie dans le champ des professions paramédicales : positions, prises de position et représentations*. Thèse pour le doctorat de sociologie (sous la direction de Jean-Yves Trépos). Université de Metz, 2004.

Woollven M. Expertise réservée, expertise partagée : les professionnels de la dyslexie en France et au Royaume-Uni. *Carrefours de l'Éducation* 2014 ; 37 : 95-109.

Woollven M. L'orthophonie et les troubles du langage écrit : une profession de santé face à l'école. *Revue Française de Pédagogie* 2015 ; 190 : 103-14.

Données statistiques

DREES. La démographie des autres professions de santé, tableau 1. Effectifs d'ergothérapeutes par mode d'exercice global, zone d'activité, sexe et tranche d'âge Répertoire ADELI, données au 1^{er} janvier 2016.

<http://www.data.drees.sante.gouv.fr/TableViewer/tableView.aspx?ReportId=2536>

Institut canadien d'information sur la santé, *Occupational Therapists, 2015 highlights* 10-year trends in the occupational therapist supply and workforce across a variety of demographic, education and employment characteristics, 2017.

<https://secure.cihi.ca/estore/productSeries.htm?pc=PCC375>

20

Enfants présentant un TDC à l'école : entre situations de handicap et souci de compensation ?

La littérature scientifique concernant la question de l'école pour les enfants vivant avec un TDC mène pour l'instant à une impasse.

D'un côté, le rôle et l'importance de l'école sont soulignés dans toutes les études portant sur des enfants présentant un TDC : la scolarité est notamment le moment où émerge une plainte de l'enfant ou de son entourage (corps professoral, parents). Ces enfants y rencontrent des difficultés qui affectent leurs apprentissages, altèrent leurs résultats lors des évaluations scolaires, troublent leurs interactions avec les autres enfants et affectent l'image qu'ils ont d'eux-mêmes. Il est même possible qu'avec l'entrée dans le XXI^e siècle, ces enfants renouvellent les problématiques de l'échec scolaire pourtant vieilles de bien plus d'un siècle. Dans le cadre scolaire, la question des enfants qui ne réussissent pas « comme les autres » est en effet récurrente. Les réponses évoluent historiquement, sociologiquement et institutionnellement. Historiquement, on est passé d'une explication de l'échec inhérente à l'enfant (idiot, arriéré, maladroit, fainéant, agité, violent, insolent, hyperactif, etc.) à la prise en compte de la complexité des mécanismes engagés dans la réussite scolaire. Ainsi, les méthodes d'apprentissage, les déterminants sociologiques, la diversité des cultures (intégrant la spécificité d'une « culture scolaire »), les modalités d'évaluation, la maîtrise de la langue ou encore la signification des contenus d'enseignement sont autant d'éléments qui sont désormais pris en compte pour tenter d'identifier ce qui conduit un ou une élève à ne pas réussir scolairement (Charlot, 1992 ; Savoye, 2003 ; Laparra, 2011 ; Roiné, 2014 ; Leroux et coll., 2017). Tout au long de l'expertise, la question s'est d'ailleurs posée des exigences de l'école, des ajustements qui peuvent y être réalisés, et de leurs effets respectifs sur les enfants présentant un TDC. Les interrogations portent 1) sur ce qui fait qu'en milieu

scolaire le trouble puisse devenir handicap ; 2) plus précisément, sur la manière dont l'environnement scolaire génère des situations de handicap pour les élèves présentant ce trouble ; 3) dans ce contexte, sur les stratégies mises en œuvre aux plans didactique et pédagogique pour ces enfants ; 4) enfin, sur l'efficacité des compensations proposées par l'institution et leur éventuelle persistance à long terme.

D'un autre côté et malgré ce constat, les travaux scientifiques portant sur l'école et le TDC sont proportionnellement très peu nombreux par rapport à l'ensemble de la littérature scientifique sur le TDC lui-même (sensorimotricité, cognition, qualité de vie, interventions spécifiques). Or, cette expertise se fonde principalement sur cette littérature scientifique, validée par les pairs et disponible dans des revues indexées. Au sens strict, la base documentaire disponible est donc très pauvre sur un aspect pourtant central dans la révélation des conséquences du TDC sur l'apprentissage du « métier d'élève ».

Les rares travaux scientifiques disponibles sur l'école souffrent en outre de deux autres biais. Certains ne portent pas sur l'école en elle-même ni sur la manière dont les enfants présentant un TDC y évoluent mais ils y « prélèvent » dans la population scolaire un échantillon d'élèves identifiés comme présentant un TDC (avec les limites vues précédemment de la constitution d'un tel échantillon⁸²). De plus, ils n'abordent que certains aspects de la réalité de ces enfants au sein de l'école sans parvenir à articuler les différents niveaux (complémentaires) de cette réalité. Par exemple, s'il existe des études portant sur une manière d'optimiser l'apprentissage en mathématiques (Duquesne-Belfais, 2006 ; Gifford et Rockliffe, 2012), celles-ci sont décontextualisées. Elles ne rendent pas compte, notamment, de la charge cognitive que subit un élève vivant avec un TDC tout au long (et dès le début) d'une journée de classe. Or, le contexte de la scolarisation en lui-même produit des effets qui infléchissent les apprentissages (fatigue, impact du bruit, conséquences sur l'attention, effets de la signification accordée à tel ou tel apprentissage, jugements de valeur, etc.).

Devant le constat du peu de travaux scientifiques disponibles sur ces aspects, nous nous sommes appuyés sur deux autres types de ressources bibliographiques :

- des articles issus de revues qualifiées de revues d'interface par le Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (Hcéres), c'est-à-dire des revues articulant le champ de la recherche et celui des pratiques professionnelles et dont la pertinence est donc reconnue dans

le domaine de l'éducation et de la formation par les instances d'évaluation de la recherche ;

- des textes officiels et des rapports qui définissent les grandes orientations de l'institution scolaire, les principes de l'accueil et de l'accompagnement des enfants en situation de handicap, parmi lesquels figurent les enfants présentant un TDC, à condition qu'ils soient diagnostiqués et reconnus comme tels par les Maisons départementales des personnes handicapées (MDPH). Ces documents énoncent un certain nombre de constats sur le fonctionnement de l'institution scolaire et fournissent de précieuses réflexions pour des recherches à venir.

Après ce préambule, nous allons tout d'abord revenir sur plusieurs enjeux de connaissances concernant la scolarité des enfants présentant un TDC et sur leur déclinaison en questionnements de recherche. À partir de la littérature disponible nous exposerons ensuite la manière dont sont présentés ces enfants et aborderons la question du lien entre l'évaluation scolaire et le diagnostic de TDC. Puis nous analyserons le rôle que tiennent les professionnels paramédicaux dans l'institution scolaire et dans les publications ainsi que les stratégies de compensation et d'adaptation proposées. Nous finirons en donnant un éclairage sur les interactions entre l'école et d'autres acteurs institutionnels impliqués autour des enfants présentant un TDC.

Les grands enjeux de connaissances autour de la scolarité des enfants présentant un TDC

Ces enjeux principaux s'inscrivent dans une problématique aussi centrale que paradoxale pour les enfants vivant avec un TDC : comment leur trouble s'actualise-t-il en handicap au sein de l'école ? Dans le contexte spécifique de l'enseignement, un enfant porteur de trouble peut se retrouver en « situation de handicap » et rencontrer des difficultés liées à l'organisation et au fonctionnement de l'école. En effet, un enfant présentant un TDC peut vivre avec ce trouble, « inventer » des compensations dans sa vie courante, même s'il lui occasionne des difficultés. En revanche, sa rencontre avec les contraintes de l'école peut lui poser d'autres problèmes : les conséquences du trouble pouvant transformer la plupart des situations d'apprentissage ordinaires en situation de handicap et produire des effets qui concernent l'école (altération de la performance scolaire, jugements de valeurs négatifs portés sur l'élève) et qui s'étendent au-delà (participation sociale, estime de soi, dépression). C'est ce qui ressort de la littérature analysée, la plupart des articles cités dans ce chapitre commençant par ce constat.

L'école produirait donc un handicap, qui peut être défini selon la loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées comme une « limitation d'activité ou restriction de participation » dans le contexte scolaire par un enfant en raison de son trouble. La question est donc de saisir comment et dans quelles conditions l'ensemble des situations spécifiques produites par l'école (par son fonctionnement, son organisation, ses dispositifs, etc.) placent en situation de handicap ces enfants qu'elle est censée accueillir en milieu ordinaire et vis-à-vis desquels elle a un devoir d'accompagnement et de compensation, depuis la loi de 2005.

Se pose aussi la question du rôle des acteurs de l'institution scolaire dans le repérage du trouble ainsi que des indices et indicateurs sur lesquels ils peuvent s'appuyer. En matière de scolarisation des élèves présentant un TDC, les enjeux liés à leur identification et à leur accompagnement peuvent être classés selon différents niveaux et se déroulent selon des temporalités distinctes. D'abord se pose la question du repérage et du diagnostic et de leur moment, ensuite celle de l'articulation entre des réalités institutionnelles (MDPH, rectorat, adaptation scolaire et scolarisation des élèves handicapés [ASH], etc.) et professionnelles (professions libérales [ergothérapie, psychomotricité, etc.], enseignants, etc.) elles-mêmes complexes, celle de la désignation et du choix des dispositifs (milieu ordinaire ou unités localisées pour l'inclusion scolaire [ULIS], projet personnalisé de scolarisation [PPS], plan d'accompagnement personnalisé [PAP], etc.), celle de la mise en œuvre concrète des compensations et des adaptations, de leurs intérêts et de leurs limites, celle de la place des élèves dans la classe, de leur participation et de leur vécu, celle de ce qui est attendu d'eux une fois diagnostiqués (représentations, stigmates), celle enfin de leurs désirs (scolaire, professionnel, de loisir, etc.).

En effet, nombreux sont les questionnements sur la prise en compte du trouble et son accompagnement tout au long de la scolarité, avant puis après le diagnostic et sur l'élaboration d'un dispositif de compensation propre à ce qui se passe concrètement à l'école. Depuis la loi de 2005, tout enfant présentant un handicap bénéficie d'un établissement de référence à partir duquel un projet personnalisé de scolarisation (PPS) est établi, ce projet répondant au droit de la personne handicapée à la compensation des conséquences de son handicap. Selon cette loi, « les besoins de compensation sont inscrits dans un plan élaboré en considération des besoins et des aspirations de la personne handicapée tels qu'ils sont exprimés dans son projet de vie. » Il importe donc de savoir comment ces besoins sont définis, comment le projet personnalisé est établi mais aussi comment il est mis en œuvre, évalué et

ajusté si besoin, comment il est vécu et enfin comment travaillent ensemble les différents professionnels de l'enseignement et du soin. Il est aussi nécessaire de savoir comment un élève passe du statut d'élève « en difficulté » à celui d'élève « en situation de handicap » et quels sont les enjeux de ce statut. Car cela implique le dispositif à adopter : Qu'est-ce qui guide par exemple le choix vers un plan d'accompagnement personnalisé (PAP) qui mobilise l'école pour des adaptations pédagogiques ou bien vers un PPS ? Comment le système scolaire conduit à privilégier l'un ou l'autre ? Quelles sont les conséquences de ces choix pour l'élève à court, moyen et long terme ? Ces choix (celui de recourir à un PAP au lieu, ou en attente, d'un PPS) doivent être étudiés car ils semblent un excellent analyseur des dysfonctionnements institutionnels dans la prise en compte des enfants vivant avec un TDC et un révélateur très fort de la détresse des familles.

Enfin, la question du suivi est essentielle. Qu'il s'agisse du suivi entre les institutions (entre la MDPH et l'école) ou encore au sein d'une même institution, d'une classe et d'un enseignement à l'autre, d'un niveau à un autre, ou encore du passage de l'aménagement tout au long de la scolarité à l'aménagement des examens.

Après avoir dressé quelques constats et posé ces questions, on ne peut que reconnaître l'insuffisance de ce qui existe en matière de travaux scientifiques portant spécifiquement sur le TDC à l'école (alors qu'il y a de plus en plus de travaux – notamment français – sur le handicap à l'école) et sur la manière dont l'école accueille les élèves vivant avec un TDC par rapport aux attentes formulées par les familles ou les professionnels du soin ou aux enjeux exprimés dans les textes mêmes de l'institution scolaire. L'idéal serait bien évidemment de trouver des réponses tout au long de la chaîne du savoir sur le TDC et sur ses conséquences dans le cadre scolaire. Les rares données scientifiques sur les dispositifs qui accueillent concrètement les enfants avec TDC limitent leurs observations à une réalité circonscrite. Or, la complexité du processus éducatif rend difficile la mise en évidence des liens entre les troubles et l'échec dans les acquisitions, d'autant plus qu'il importe de distinguer quelles compétences sont altérées parmi les compétences visées, de même qu'il importe de saisir si cette altération résulte des troubles eux-mêmes, des modalités de l'enseignement ou du projet personnalisé adopté, ce qui pourrait être observé à partir d'une étude des trajectoires (Ebersold, 2017).

Nous pouvons néanmoins établir un état des lieux de ce qui est produit dans les documents analysés, ce qui permet aussi d'identifier ce que l'on a encore besoin de savoir. Trois champs principaux de connaissance ressortent de cet état des lieux :

- sur le handicap, son identification et sa prise en compte (intervenants, classes spécialisées, etc.) ;
- sur des programmes d'adaptation ;
- sur des disciplines (mathématiques, dessin, EPS, etc.).

Les mots pour dire le TDC dans le milieu scolaire et au-delà

Une des premières questions qui se pose est celle de l'identification des élèves présentant un TDC. En effet, dans le souci de favoriser les apprentissages, l'enseignement suppose des adaptations pédagogiques articulées à une analyse didactique des disciplines scolaires. Ces adaptations supposent non seulement de choisir ce qu'il est important d'apprendre mais aussi de sélectionner les moyens jugés les plus pertinents et les plus adaptés à ces élèves pour stabiliser des savoirs et développer des compétences. Cette question se pose pour tous les élèves et a fortiori dès lors que des élèves « n'apprennent pas », ou « pas comme les autres », ou « pas au même rythme ». Il importe alors pour les enseignants d'identifier si cette différence dans les acquisitions est liée à un problème particulier ou à un trouble ou une altération des processus cognitifs.

Le préfixe « dys » a de la sorte été utilisé pour caractériser une population, celle des « enfants dys », atteints de dyslexie, dysorthographe, dyscalculie, dyspraxie, etc. Ce dernier terme continue d'ailleurs à être utilisé dans le champ scolaire et par les familles. En effet, malgré la conférence de consensus scientifique multidisciplinaire et internationale de 1994 qui préconise l'usage de la formule « trouble développemental de la coordination » (TDC), les mots pour dire ces enfants particuliers restent les premiers qui ont été diffusés au grand public et aux professionnels de l'enseignement et de l'école. Le passage de « dyspraxie » à « trouble de l'acquisition de la coordination » (TAC) puis au TDC ne s'est pas encore fait dans le milieu scolaire (ou très timidement). La diffusion de la désignation des enfants présentant un TDC est lente, depuis la recherche vers les professionnels de la santé et du soin, les MDPH, l'institution scolaire et les parents. Kirby et ses collègues ont montré (2005) la difficulté qu'avaient les enseignants comme les médecins généralistes britanniques à définir le TDC (*DCD* en anglais), vraisemblablement en raison de son apparition récente, alors que ces mêmes enseignants étaient en mesure de définir la dyspraxie (*dyspraxia*) et étaient globalement plus vigilants que les médecins généralistes. En France, le succès de la notion de « dys » résulte des revendications associatives depuis les années 2000. Elle permet de désigner sous un vocable commun les troubles des apprentissages au sens large mais aussi un ensemble d'élèves (Woollven, 2012).

Dans l'usage courant, « dyspraxie » est donc utilisé pour dire le TDC, que ce soit dans l'institution scolaire ou auprès des familles, comme en attestent par exemple la circulaire du 18 juin 2010 sur la scolarisation des élèves en situation de handicap ou encore le guide de l'INPES *Troubles « dys » de l'enfant. Guide ressource pour les parents* de 2009. Plus récemment, la circulaire du ministère de l'Éducation nationale, relative aux modules de formation dans le domaine de l'adaptation scolaire et de la scolarisation des élèves handicapés pour l'année scolaire 2016-2017 (parue le 1^{er} septembre 2016), propose sept formations utilisant encore explicitement le terme « dyspraxie ». On le comprend : alors que la loi de 2005 n'a pas encore quinze ans et que la « dyspraxie » commence à peine à être comprise comme un trouble spécifique permettant d'expliquer les difficultés d'un certain nombre d'enfants, le recours à l'acronyme TDC reste encore réservé aux spécialistes scientifiques de la question, alors que la formule « dys » commence à faire sens pour les professionnels de l'éducation mais aussi de la santé.

Quoiqu'il en soit, l'utilisation du terme courant de « dyspraxie » ou de la formule savante de TDC pour caractériser l'origine des difficultés de certains élèves s'inscrit dans le projet désormais explicite de mettre en place une école inclusive, conformément à la loi pour la refondation de l'école de 2013 et au rapport du Conseil national d'évaluation du système scolaire (Cnesco) : *École inclusive pour les élèves en situation de handicap. Accessibilité, réussite scolaire et parcours individuels* (2016). Les enfants aux difficultés ainsi identifiées relèvent désormais d'une autre caractérisation. Si le TDC est diagnostiqué, ils peuvent recevoir de la MDPH une reconnaissance faisant d'eux des « élèves handicapés ». Or, si l'on en croit les associations de famille auditionnées, les familles vivent un double « parcours du combattant », le premier parcours, celui de la reconnaissance du handicap (qui varie d'une MDPH à une autre), puis le second, celui des adaptations et compensations qui en résultent au sein de l'école, ce qui confirme ce qui a été mis en évidence par Liotard et Jamain-Samson (2011).

De l'évaluation scolaire au diagnostic médical

L'enjeu du diagnostic, au-delà de l'identification du trouble, consiste pour l'école à mettre en œuvre les conditions nécessaires à la réussite de ces enfants. Lorsque l'enseignant constate des difficultés inhabituelles pour un enfant, il peut solliciter un accompagnement par un réseau d'aides spécialisées aux élèves en difficulté (RASED) qui peut ensuite orienter l'enfant vers

des personnels de santé⁸³. Pour le dire simplement, lors de ces évaluations scolaires, l'enseignant va constater 1) des difficultés importantes pour un enfant ; 2) sa propre difficulté à les résoudre avec les outils de la pédagogie. L'évaluation scolaire peut donc être pensée comme une première entrée vers un diagnostic de TDC, sachant que ce n'est pas au corps enseignant de juger de l'existence de ce trouble.

Suite au diagnostic réalisé par les professionnels de santé et une fois reconnu porteur d'un TDC par la MDPH, l'enfant scolarisé n'est plus seulement bénéficiaire d'adaptations pédagogiques réalisées par les enseignants mais doit désormais recevoir des compensations correspondant à ses besoins, compensations proposées par des professionnels de la santé et du soin (idéalement arrêtées par la MDPH et mises en œuvre pour partie par les rectorats). Les adaptations pédagogiques restent pertinentes si on s'inscrit dans une logique de besoins éducatifs particuliers. La compensation vient s'y ajouter mais ne les remplace pas. L'enfant présentant un TDC se retrouve ainsi au cœur d'un dispositif dans lequel interviennent de nombreux professionnels n'ayant ni la même culture ni la même formation. C'est ce qu'a noté Garel (2002), pour qui il importe non seulement d'élaborer une méthodologie permettant d'articuler l'action de ces différents professionnels mais encore de saisir la spécificité de l'enseignant vis-à-vis de ce panel d'intervenants. La spécificité de chaque acteur se joue d'ailleurs après et pendant le diagnostic mais aussi en amont. En effet, les difficultés des élèves sont d'abord – dans le cadre scolaire – évaluées par l'enseignant au regard de compétences visées et des tâches proposées. Le recours à des « spécialistes » du secteur de la santé n'occulte pas la nécessité de cette évaluation pédagogique. Au contraire, l'articulation entre cette évaluation scolaire (qui peut révéler des difficultés spécifiques) et le diagnostic médical offre la possibilité d'établir un dispositif adapté de compensation pour lequel différents professionnels seront mobilisés.

Dans les articles analysés, la question de l'évaluation ne renvoie pas toujours à la même chose. Tantôt, lorsqu'il est question d'évaluation, il s'agit en fait de dépistage et de diagnostic (Blanc, 2011). Il s'agirait alors de diagnostiquer un TDC, au sens clinique du terme, les tests étant réalisés par des professionnels dûment habilités. Tantôt, en revanche, il s'agirait d'évaluer des progrès individuels au sein d'un programme de motricité (Bond et coll., 2011) ou les effets du programme lui-même (Boyle, 2007 ; Bond, 2011). Ce qui est surprenant, c'est qu'il n'y a pas, à proprement parler, d'évaluation des résultats scolaires des élèves, enregistrés dans des tâches ou des épreuves

83. Circulaire n°2014-107 du 18 août 2014 : Fonctionnement des réseaux d'aides spécialisées aux élèves en difficulté (Rased) et missions des personnels qui y exercent.

spécifiquement scolaires. Cette évaluation remplit pourtant plusieurs fonctions. Elle peut avoir une fonction diagnostique selon une signification scolaire : pour l'enseignant ou l'enseignante, il ne s'agit pas de diagnostiquer un trouble mais un niveau initial, c'est-à-dire d'enregistrer une performance la première fois qu'un élève est confronté à une tâche donnée. Par ailleurs, cette évaluation scolaire assure une fonction d'information : envers les élèves, qu'elle contribue donc à former ; envers les enseignants, qui peuvent ainsi ajuster leurs choix pédagogiques et didactiques ; envers les parents, à qui elle fournit un regard sur la manière dont leurs enfants répondent aux contraintes scolaires, etc. Elle assure encore une fonction institutionnelle de certification aux examens.

Il importe donc de clarifier le lien entre ces évaluations. Une évaluation scolaire rendra compte des difficultés d'un enfant porteur de TDC dans un certain nombre de tâches propres à l'école, c'est-à-dire réalisées dans un contexte collectif, spatialement et temporellement contraints. L'enseignant n'est pas en mesure d'évaluer si oui ou non l'enfant en question vit avec un TDC. En revanche, face aux difficultés qu'il observe, il doit pouvoir (grâce à une formation) prélever des indices qui devraient permettre d'orienter cet enfant vers un diagnostic médical, dans une logique de repérage. Sans aller pour cela jusqu'à l'utilisation de la Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (OMS, 2012) préconisée par Hollenweger et Moretti (2012) en milieu scolaire, l'enseignant dispose de compétences professionnelles qui lui permettent d'identifier le fait que les difficultés d'un enfant lui paraissent spécifiques, même sans être en mesure de les caractériser. En ce sens, il peut contribuer à guider les parents vers des structures ou des professionnels adéquats⁸⁴. Cette question renvoie à une épistémologie du savoir professionnel qui fait des enseignants et des enseignantes des observateurs privilégiés de leurs élèves. C'est ce qu'ont montré Kirby et son équipe (Kirby et coll., 2005) après avoir comparé les réponses des enseignants et celles des médecins généralistes quant à leurs perceptions de six types de difficultés d'apprentissage.

L'ergothérapeute dans l'école : un professionnel privilégié ou un professionnel publiant ?

De nombreux articles analysés portent sur le rôle et les outils de l'ergothérapie. Il est notamment question d'évaluer la manière dont elle peut être

84. À condition qu'il ait aussi une connaissance des protocoles, car c'est cette absence de connaissance des protocoles de diagnostic puis de prise en compte du TDC par les différents professionnels qui fait dire aux parents qu'ils vivent un « véritable parcours du combattant ».

utilisée au sein même de l'école, notamment en recourant à des programmes qui ne se contentent pas de travailler de manière duelle avec les élèves présentant un TDC mais d'intervenir dans une perspective systémique avec les enseignants et les parents. L'augmentation des enfants identifiés avec un TDC a conduit à une élévation du recours à l'ergothérapeute et, subséquemment, à un questionnement sur l'efficacité des procédures mises en place. Bayona et coll. (2006), par exemple, ont ainsi évalué le *School Health Support Services (SHSS) Program* de London-Middlesex (Ontario). Elles ont mesuré l'efficacité de ce programme dans le maniement des objets scolaires, l'écriture et la motricité fine. Comme souvent dans ces études, le résultat consiste à mettre en avant l'efficacité de l'intervention spécialisée. Ainsi, les ergothérapeutes comme les enseignants ont enregistré des progrès chez les élèves, les enseignants ont manifesté leur satisfaction et ils continuent à utiliser certains outils ou techniques après le programme. D'autres études du même ordre ont été produites. Ainsi Bond et ses collègues (2007) ont évalué le *Manchester Motor Skills Programme* alors que Coffield et O'Neill (2004) ont étudié l'expérience de Durham en direction d'enfants « ayant des difficultés spécifiques d'apprentissage (dyslexie et dyspraxie) ». D'autres auteurs évaluent des programmes d'ergothérapie en jardin d'enfant (Bazyk et coll., 2009) ou en école primaire ordinaire (Hutton, 2009). Dans tous les cas, il s'agit toujours de juger de l'efficacité d'une intervention en ergothérapie, quelle que soit l'approche considérée (Prigg, 2002 ; Reid et coll., 2006 ; Boyle, 2007 ; Campbell et coll., 2012 ; Missiuna et coll., 2012a et 2012b). Finalement, le rôle de l'ergothérapeute est valorisé, dans le diagnostic comme dans l'accompagnement (Ribas, 2014).

Les études portant sur l'évaluation des programmes d'ergothérapie en milieu scolaire sont nombreuses, comme cela était le cas dans le chapitre précédent sur la division du travail. Ces publications représentent un quart de l'ensemble des articles identifiés et analysés sur la question de la scolarité. Cela peut s'expliquer par le fait que le champ de l'ergothérapie s'est saisi des enfants présentant un TDC (ou de ses « variantes » terminologiques) et qu'il possède en outre des revues spécialisées permettant de rendre compte des expériences et observations réalisées parfois sur de très faibles effectifs mais apportant des outils utiles aux compensations nécessaires. Les ergothérapeutes ne sont pas les seuls professionnels de soin à interagir avec l'école. En revanche, ils se situent parmi les plus actifs en matière de publication de leur expérience. Comme mentionné dans le chapitre précédent, il faut toutefois être prudent quant à l'interprétation de cette prépondérance dans la mesure où il existe aussi un biais lié à la langue de publication et à l'histoire des professions dans les pays dont sont issues les publications. Rappelons en effet que si le terme *occupational therapist* utilisé dans les articles en anglais

peut généralement être traduit par « ergothérapeute » en lien avec le contexte national dans lequel il s'inscrit, il recouvre en fait un champ plus large que celui des ergothérapeutes dans le contexte français pour intégrer également les psychomotriciens. Par ailleurs, si les résultats des travaux présentés sont plutôt encourageants, il reste à les interroger dans le cadre du système scolaire français, de son fonctionnement et des moyens dont il dispose pour assurer l'accompagnement des enfants présentant un TDC.

Aider l'enfant vivant avec un TDC à l'école... oui, mais comment ?

Les interventions en ergothérapie ou psychomotricité ne relèvent pas du strict domaine pédagogique et il importe d'observer ce qui est produit pour « aider l'enfant dyspraxique à l'école », selon la formule d'Huron (2013). En milieu scolaire ordinaire, compte tenu du fonctionnement et des moyens de l'Éducation nationale, les enfants vivant avec un TDC sont souvent seuls avec un enseignant ou une enseignante sur toute une année scolaire (au premier degré) ou changent d'enseignant d'un cours à l'autre (dans le second degré). Publié dans une revue d'interface (*ANAE Approche neuropsychologique des apprentissages chez l'enfant*) l'article de Huron (2013) montre comment l'organisation scolaire peut générer des situations de handicap pour les enfants présentant un TDC, en raison des supports pédagogiques ordinaires, ou du recours dominant à l'écriture manuscrite qui pourrait produire un « surhandicap cognitif » selon Mazeau et ses collègues (2010). Évitant de se centrer sur l'efficacité de telle ou telle technique ou de telle ou telle modalité d'intervention en ergothérapie, Huron (2013) reprend Missiuna (2006) pour souligner la nécessité de modifier l'environnement scolaire de manière à le rendre accessible aux élèves présentant un TDC en leur fournissant les compensations nécessaires. Dans son article, la manière dont l'école transforme un trouble en handicap apparaît clairement. Elle ouvre donc sur une véritable stratégie d'aménagement du temps et de l'espace pour que les enfants présentant un TDC outillés de compensations (par exemple le recours à l'informatique adapté aux caractéristiques propres à chaque élève) puissent acquérir et mettre en œuvre les mêmes compétences que leurs pairs non atteints par ce trouble. Finalement, elle propose un contournement du fonctionnement ordinaire de l'école, au profit d'une autonomie construite par l'élève, grâce aux outils et compensations accordés et pas seulement, comme l'a fait par exemple l'équipe de Kinnealey (2012), par l'aménagement spatiale de la salle de classe.

Plus spécifiquement, quelques rares travaux ont été produits pour spécifier les adaptations propres aux disciplines. Ils sont peu nombreux mais on en trouve en mathématiques (Gifford et Rockliffe, 2012), en arithmétique (Duquesne-Belfais, 2006), en mathématiques et en éducation physique et sportive (Garel et Duquesne, 2004), en lecture et en mathématiques (Hurtez, 2006) ou encore en dessin et en arts plastiques (Penketh, 2007 et 2011). On en retient que les stratégies pédagogiques varient en fonction du niveau des élèves, des compétences et de l'expérience des enseignants mais aussi des dispositifs mis en œuvre. Gifford et Rockliffe (2012) par exemple évaluent l'intérêt d'une approche spécifique dans l'acquisition de compétences en mathématiques (*the Emerson House approach*) qui semble difficilement compatible avec l'organisation scolaire, puisqu'elle suppose de très petits groupes et des interactions exclusives entre un enseignant et un élève. Les principes d'efficacité mis en avant sont ainsi contredits par le fonctionnement scolaire. En revanche, Duquesne-Belfais (2006) suggère de son côté qu'il est fructueux de solliciter « la compréhension des propriétés, des règles de calcul et des stratégies de décomposition numérique » des enfants vivant avec un TDC. Leurs capacités de compréhension, combinée par exemple avec une écriture en ligne des opérations, leur permettent de réussir. De plus, elle met en avant une stratégie valorisante pour l'élève car il peut réaliser une opération qu'il a comprise. Or, le fait que les élèves vivant avec un TDC puissent échouer à certaines évaluations scolaires alors même qu'ils ont compris ce qu'il fallait faire mais qu'ils ne peuvent le réaliser (par exemple en « posant » spatialement une opération) constitue non seulement un échec mais engendre surtout des effets d'une certaine violence sur l'image qu'ils ont d'eux-mêmes. Malgré des observations empiriques sur ce point, nous sommes confrontés à une carence de travaux scientifiques qui pourraient distinguer d'un côté l'évaluation de la compréhension acquise par un élève et les réalisations qu'il est en mesure de produire dans une tâche donnée.

Finalement, le souci d'atténuer les difficultés des élèves et de les conduire vers les acquisitions attendues par l'école conduit à tracer des perspectives de régulation pédagogique, c'est-à-dire des ajustements relevant de la compétence des enseignants qui ne recourent pas nécessairement à des compensations du handicap produit (ou accentué) par les situations scolaires. Si ces régulations pédagogiques traduisent le souci des professionnels de l'enseignement de s'adapter aux élèves vivant avec un TDC, elles ne sont certainement pas suffisantes et, surtout, elles ne sont pas évaluées scientifiquement. Pour le faire, il faudrait à la fois analyser les différents niveaux de la réalité à laquelle sont confrontés les enfants vivant avec un TDC et convoquer différents types d'administration de la preuve, c'est-à-dire travailler par exemple à la complémentarité des approches écologiques et des approches qualitatives,

des descriptions cliniques et des analyses institutionnelles, des études longitudinales et des travaux à grande échelle. En outre, les données n'existent pas sur les dispositifs adoptés (par exemple sur le nombre de PAP ou de PPS) ni sur les conséquences et l'efficacité de tel ou tel dispositif pédagogique.

On peut aussi se demander s'il ne serait pas nécessaire de penser une didactique et une pédagogie intégrant la spécificité du TDC de manière à adapter à la fois le contenu et les modalités de sa transmission en fonction de la particularité des élèves qui en sont porteurs.

Par ailleurs, des enjeux de recherche et de société concernent la manière dont se poursuit la carrière des enfants vivant avec un TDC au moment de l'entrée dans la vie adulte (16-25 ans), que cette carrière emprunte les voies de l'apprentissage et de la professionnalisation ou qu'elle se poursuive dans l'enseignement supérieur (Kirby et coll., 2008a et 2008b). Sur ce sujet, en particulier, la pertinence des approches écologiques a déjà été mentionnée (Kirby et coll., 2008a et 2008b). Dans une logique transversale suivant les parcours des individus, elles pourraient permettre de saisir non seulement comment se produisent les difficultés en milieu scolaire ordinaire mais aussi les adaptations et compensations qui ont fonctionné, ou non, ainsi que la manière avec laquelle les enfants vivant avec un TDC parviennent à surmonter les difficultés ainsi que les stratégies qu'ils déploient pour compenser ce que l'école produit sur eux comme handicap.

Fonctionnement et dysfonctionnement dans, et entre, les institutions

L'école, constituée elle-même de plusieurs acteurs institutionnels, est aussi en interaction avec d'autres institutions, au travers d'interactions qui prennent une dimension particulière concernant les enfants présentant un TDC. L'étude de l'ARS Bourgogne-Franche-Comté *Scolarisation en milieu ordinaire des enfants handicapés* (Putoud et coll., 2016) apparaît exemplaire dans la possibilité qu'elle offre de voir, au niveau d'un territoire, ce qui dysfonctionne, non pas dans les apprentissages, mais dans les institutions. Au sein de chacune de celles qui sont concernées (la MDPH, les écoles primaires, les collèges, les lycées, les lycées professionnels, les centres référents, etc.) mais aussi et surtout entre elles. L'enquête propose en effet un travail spécifique sur les MDPH et toute la chaîne scolaire. Elle combine une approche quantitative sur les parcours des personnes handicapées sur la région Bourgogne-Franche-Comté, couplée à un travail qualitatif qui fait émerger des fonctionnements et les dysfonctionnements. Même s'ils ne portent pas

spécifiquement sur les enfants vivant avec un TDC, les principaux résultats de cette enquête contribuent à saisir les différentes stratégies des familles, souvent démunies. Elle montre en effet que la continuité de la scolarité, la réussite scolaire et l'orientation portent essentiellement sur les familles qui compensent (avec leurs propres moyens qui peuvent être parfois qualifiés de « moyens du bord ») les manques et les dysfonctionnements des dispositifs existants, ce qui se traduit par des inégalités sociales et des disparités géographiques fortes. De même, les enseignants sont démunis par rapport à l'apparition de difficultés face auxquelles leurs capacités d'adaptation sont insuffisantes (d'autant plus si le diagnostic de TDC n'est pas encore posé). Enfin, cette enquête expose un important et récurrent problème de communication entre parents, enseignants, personnels scolaires et MDPH. Des travaux du même ordre manquent pour formaliser, au-delà du territoire de Bourgogne-Franche-Comté, les liens entre les institutions concernées, notamment entre MDPH et rectorat.

RÉFÉRENCES

- Bayona CL, McDougall J, Tucker MA, *et al.* School-based occupational therapy for children with fine motor difficulties: evaluating functional outcomes and fidelity of services. *Phys Occup Ther Pediatr* 2006 ; 26(3) : 89-110.
- Bazyk S, Michaud P, Goodman G, *et al.* Integrating occupational therapy services in a kindergarten curriculum: a look at the outcomes. *Am J Occup Ther* 2009 ; 63 : 160-71.
- Blanc S. Rôle de l'orthoptiste dans le dépistage des troubles neurovisuels. *Revue Francophone d'Orthoptie* 2011 ; 4 : 150-2.
- Bond C. Supporting children with motor skills difficulties: an initial evaluation of the Manchester motor skills programme. *Educ Psychol Pract* 2011 ; 27 : 143-53.
- Bond C, Cole M, Crook H, *et al.* The development of the Manchester motor skills assessment (MMSA): an initial evaluation. *Educ Psychol Pract* 2007 ; 23 : 363-79.
- Bond C, Cole M, Fletcher J, *et al.* Developing and sustaining provision for children with motor skills difficulties in schools: the role of educational psychologists. *Educ Psychol Pract* 2011 ; 27 : 337-51.
- Boyle CM. An analysis of the efficacy of a motor skills training programme for young people with moderate learning difficulties. *Int J Spec Educ* 2007 ; 22 : 11-24.
- Campbell WN, Missiuna CA, Rivard LM, *et al.* Support for everyone: experiences of occupational therapists delivering a new model of school-based service. *Can J Occup Ther* 2012 ; 79 : 51-9.

Charlot B. Rapport au savoir et rapport à l'école dans deux collèges de banlieue. *Sociétés Contemporaines* 1992 ; 11-12 : 119-47.

Coffield M, O'Neill J. The Durham experience: Promoting dyslexia and dyspraxia friendly schools. *Dyslexia* 2004 ; 10 : 253-64.

Conseil national d'évaluation du système scolaire (Cnesco). *École inclusive pour les élèves en situation de handicap. Accessibilité, réussite scolaire et parcours individuels*. Paris : Cnesco, 2016.

Duquesne-Belfais F. Les difficultés en arithmétique des enfants dyspraxiques. *ANAE* 2006 ; 18 : 184-90.

Ebersold S. *L'éducation inclusive : privilège ou droit ? Accessibilité et transition juvénile*. Grenoble : PUG, 2017.

Garel JP. L'enseignant, le neuropsychologue et les autres. L'évaluation diagnostique d'élèves présentant d'importants troubles des apprentissages. *Nouvelle Revue de l'AIS* 2002 ; 20 : 103-16.

Garel JP, Duquesne-Belfais F. Enseigner à des élèves présentant une dyspraxie visuo-spatiale ; Illustrations en mathématiques et en EPS. *Nouvelle Revue de l'AIS* 2004 ; 27 : 53-66.

Gifford S, Rockliffe F. Mathematics difficulties does one approach fit all? *Res Math Educ* 2012 ; 14 : 1-15.

Hollenweger J, Moretti M. Using the International Classification of functioning, disability and health children and youth version in education systems: a new approach to eligibility. *Am J Phys Med Rehabil* 2012 ; 91 : 13 (suppl 1) : S97-102.

Huron C. Aider l'enfant dyspraxique à l'école. Apports de la recherche en psychologie cognitive. *ANAE* 2013 ; 25 : 197-201.

Hurtrez E. Apprentissage de la lecture et des mathématiques chez de jeunes élèves présentant une dyspraxie visuo-spatiale : exemples de stratégies pédagogiques. *ANAE* 2006 ; 18 : 191-200.

Hutton E. Occupational therapy in mainstream primary schools: an evaluation of a pilot project. *Br J Occup Ther* 2009 ; 72 : 308-13.

Institut national de prévention et d'éducation pour la santé (INPES). *Troubles « dys » de l'enfant. Guide ressource pour les parents*. Saint-Denis : INPES, 2009.

Kinnealey M, Pfeiffer B, Miller J, et al. Effect of classroom modification on attention and engagement of students with autism or dyspraxia. *Am J Occup Ther* 2012 ; 66 : 511-9.

Kirby A, Davies R, Bryant A. Do teachers know more about specific learning difficulties than general practitioners? *BJSE* 2005 ; 32 : 122-6.

Kirby A, Sugden D, Beveridge S, et al. Dyslexia and developmental coordination disorder in further and higher education-similarities and differences. Does the label influence the support given? *Dyslexia* 2008a ; 14 : 197-213.

Kirby A, Sugden D, Beveridge S, *et al.* Developmental coordination disorder (DCD) in adolescents and adults in further and higher education. *JORSEN* 2008b ; 8 : 120-31.

Laparra M. Les ZEP, miroir grossissant des évolutions et contradictions du système éducatif français. *Revue Française de Pédagogie* 2011 ; 4 : 47-60.

Leroux G, Monteil JM, Huguet P. Apprentissages scolaires et technologies numériques : une revue critique des méta-analyses. *L'Année Psychologique* 2017 ; 117 : 433-65.

Liotard P, Jamain-Samson S. Dyspraxie, scolarité et insertion professionnelle en France. *Freins et leviers de la réussite scolaire et/ou professionnelle*, 2011.

Mazeau M, Le Lostec C, Lirondière S. *L'enfant dyspraxique et les apprentissages*. Issy-les-Moulineaux : Elsevier, 2010.

Missiuna C. New models for changing the environment, not the child. *Leeds Consensus Statement*, 2006.

Missiuna C, Pollock N, Campbell W, *et al.* Use of the medical research council framework to develop a complex intervention in pediatric occupational therapy: assessing feasibility. *Res Dev Disabil* 2012a ; 33 : 1443-52.

Missiuna C, Pollock N, Levac D, *et al.* Partnering for change: an innovative school-based occupational therapy service delivery model for children with developmental coordination disorder. *Can J Occup Ther* 2012b ; 79 : 41-50.

Organisation mondiale de la santé (OMS). *Classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé version pour enfants et adolescents (CIF-EA)*. Rennes : OMS/Presses de l'EHESP, 2012.

Penketh C. Supporting pupils with dyspraxia in the visual arts: does drawing from observation function as an official and discriminatory discourse? *Int J Art Design Educ* 2007 ; 26 : 144-54.

Penketh C. Narrative analysis: exploring experiences of observational drawing and dyspraxia. *Int J Res Method Educ* 2011 ; 34 : 161-74.

Prigg A. Experiences and perceived roles of occupational therapists working with children with special learning needs during transition to school: a pilot study. *Austral Occup Ther J* 2002 ; 49 : 100-11.

Putoud C, Benieï E, Observatoire du CRDI. *Rapport d'évaluation de la thématique du PRS de Bourgogne. Scolarisation en milieu ordinaire des enfants handicapés*. Dijon : ARS Bourgogne-Franche-Comté, 2016.

Reid D, Chiu T, Sinclair G, *et al.* Outcomes of an occupational therapy school-based consultation service for students with fine motor difficulties. *Can J Occup Ther* 2006 ; 73 : 215-24.

Ribas C. Comment améliorer l'inclusion scolaire des enfants dyspraxiques et quel rôle pour l'ergothérapeute ? *Ergothérapies* 2014 ; 55 : 51-63.

Roiné C. L'élève en difficulté : Retours sur une psychologisation du social. *Nouvelle Revue de l'Adaptation et de la Scolarisation* 2014 ; 66 : 13-30.

Savoye A. Analyse institutionnelle et recherches socio-historiques : quelle compatibilité ? *L'Homme et la Société* 2003 ; 147 : 133-50.

Woollven M. *La construction du problème social de la dyslexie en France et au Royaume-Uni : acteurs, institutions et pratiques (de la fin du XIX^e au début du XXI^e siècle)*. Lyon : École Normale Supérieure, 2012.

Communications

Évaluation de la perception visuo-spatiale élémentaire par le test de perception visuo-spatiale élémentaire (PVSE) chez l'enfant présentant un TDC

Laure Pisella

*Équipe ImpAct (Intégration multisensorielle pour l'action),
Centre de recherche en neurosciences de Lyon (CRNL),
Inserm U 1028 – CNRS UMR 5292*

La perception visuo-spatiale, c'est-à-dire la distinction, par la vue, de la position relative des objets dans l'environnement, et de leurs caractéristiques métriques (taille, longueur, angle), est une fonction visuelle qui ne relève pas des aires visuelles primaires ni de la voie visuelle ventrale inféro-temporale mais plutôt du gyrus occipital supérieur, du gyrus occipital médian et du cortex pariétal postérieur (Ungerleider et Mishkin 1982 ; Faillenot et coll., 1997 et 1999 ; Pisella et coll., 2013a). La perception visuo-spatiale consiste donc à collecter les informations visuelles *via* le système oculaire pour ensuite les analyser par la voie visuelle dorsale occipito-pariétale. Ces traitements visuo-spatiaux permettent de s'orienter dans l'espace, de distinguer les objets de l'environnement, de les organiser en une scène visuelle cohérente (mémoire de travail visuo-spatiale) mais également de guider et de contrôler visuellement les gestes de saisie ou de positionnement d'objets et les praxies manuelles.

Malgré la complexité de cette fonction visuelle, nous parlerons ici de perception visuo-spatiale élémentaire (PVSE) car la perception visuo-spatiale apparaît contribuer de façon primordiale mais non exclusive au développement de nombreuses autres fonctions encore plus complexes : le guidage visuo-manuel pour l'acquisition des schémas d'action et des coordinations motrices, la reconnaissance de symboles visuels complexes faits de la combinaison spatiale de lignes pour l'acquisition de la lecture, du dessin, de la géométrie, les représentations visuo-spatiales et approximatives de quantités pour l'arithmétique et le raisonnement logico-mathématique. La

symptomatologie pariétale chez l'adulte comprend d'ailleurs des troubles de ces différentes habiletés complexes : l'ataxie optique, les apraxies d'utilisation d'objets, les acalculies, les indistinctions droite-gauche, les dyslexies spatiales, la simultagnosie et les apraxies constructives (syndromes de Balint, de Gerstmann et d'atrophie corticale postérieure ; Pisella et coll., 2013b). D'autre part, ces zones associatives pariétales correspondent à des territoires vasculaires jonctionnels qui sont particulièrement sensibles aux événements périnataux de type hypoxie ou à la prématurité (Dutton et Jacobson, 2001). La question de la contribution de troubles de la PVSE au TDC, à la dyslexie et à la dyscalculie se pose donc, ainsi que la prévalence de ces troubles de la PVSE en cas de prématurité et/ou d'infirmité cérébrale.

Ainsi, on trouve souvent dans la littérature que de nombreux enfants avec trouble neuro-développemental de type TDC, dyslexie ou dyscalculie présentent des troubles visuo-spatiaux (Wilson et McKenzie, 1998 ; Vidyasagar et Pammer, 2010 ; Fias et coll., 2013). Cependant, la prévalence de ces troubles de la PVSE et leur contribution aux troubles des apprentissages restent flous notamment par manque d'outil d'évaluation spécifique. Les cliniciens déduisent souvent la présence d'un trouble visuo-spatial à partir de la passation de plusieurs tests multifactoriels psychomoteurs et psychologiques qui font intervenir, en plus de la PVSE, les gnosies et les aptitudes langagières (car ils utilisent souvent des images d'objets à reconnaître et des consignes complexes), ainsi que la motricité et les fonctions exécutives, à des degrés divers de complexité, de précision ou de vitesse d'exécution. Ces tests plus ou moins multifactoriels ne permettent pas d'évaluer la contribution de la PVSE dans les habiletés motrices complexes (dysgraphie, TDC).

Nous avons donc voulu développer un test spécifique évaluant la PVSE de la façon la plus isolée possible, rapide et simple d'utilisation. Ce test utilise des formes géométriques épurées et ne fait pas intervenir la motricité, le langage ou les gnosies. Il consiste à comparer deux items et à juger s'ils sont « pareils » ou « différents », notion maîtrisée à l'âge de 4 ans (Hochmann et coll., 2016). Il comprend 6 sous-tests dont le score recueilli dans une population de sujets contrôles croît significativement entre 4 ans et l'âge adulte (Pisella et coll., 2013a). L'échelle de cotation est donc fournie par catégorie d'âge, un enfant avec trouble des apprentissages devant être comparé aux performances d'enfants à développement typique de même âge. Chaque sous-test comprend 12 comparaisons avec une difficulté croissante, ce qui rend le test sensible pour les enfants de tous âges. Les 6 sous-tests correspondent à des aspects différents du traitement visuo-spatial : le sous-test T1 (longueurs) requiert une comparaison de la longueur de segments, le sous-test T2 (taille) requiert une comparaison de la taille de disques noirs, le sous-test

T3 (angles) requiert une comparaison de l'orientation de segments, le sous-test T4 (jugement de milieu) correspond à la tâche classique de *landmark*, qui requiert le jugement de position d'une marque de bissection par rapport aux deux extrémités d'un segment, le sous-test T5 (localisation de points) requiert une comparaison de la position relative de deux points par rapport à leur cadre respectif, le sous-test T6 (localisation) évalue comme le sous-test T5 l'estimation de la position relative mais avec un mode de réponse différent où les individus doivent sélectionner une position parmi un choix multiple de points de couleur. Seul le sous-test T6 plafonne à 10 ans, ce mode de réponse facilitant la réponse des sujets sains par rapport au sous-test T5, mais de façon intéressante, cela en fait un test assez sensible chez l'enfant avec trouble des apprentissages que ce choix multiple peut plutôt avoir tendance à perturber par rapport à ses performances à T5. C'est le cas chez les deux patients adultes présentant une lésion cérébrale acquise bilatérale occipito-pariétale (voie visuelle dorsale du *Where* et du *How*) qui ont également été testés pour valider l'hypothèse neuro-anatomique de ce test PVSE (Pisella et coll., 2013a).

Avec ce test évaluant de façon isolée les capacités de traitement visuo-spatial de la voie visuelle dorsale, nous avons souhaité poser plus clairement 1) la question de la prévalence de ces troubles de la PVSE dans les différents troubles neuro-développementaux et/ou en cas de prématurité, ainsi que 2) le lien avec les autres fonctions évaluées par des tests plus complexes.

Ce test aurait principalement son utilité dans l'établissement de diagnostics différentiels au sein des catégories classiques de troubles de la famille des « dys » et servirait des prises en charge rééducatives plus spécifiques et donc peut-être plus efficaces car adaptées à chacun (Pisella et coll., 2013a).

Le degré de corrélation entre les scores au test PVSE et celui aux tests cliniques classiquement utilisés renseignera sur le degré de contribution de la PVSE à ces tests. Une mauvaise corrélation pourra cependant être interprétée soit comme une contribution nulle de la PVSE soit comme une contribution réelle mais à un test trop multifactoriel pour que le score au test PVSE puisse à lui seul prédire le score au test en question.

Matériel et méthodes

Les sujets

Afin de tester la validité des échelles du test PVSE créé, une base de 450 données a été utilisée à partir de la base de données de Pisella et coll. (2013a)

complétée avec d'autres enfants sains et des enfants ayant fréquenté le centre de référence des troubles des apprentissages du CHU de Lyon, le service de néonatalogie du CHU de Lyon, l'établissement Delta01⁸⁵ ou le réseau Dys/10 de Lyon et ses environs. Les individus se distinguent en deux catégories.

Les 209 personnes du groupe contrôle sont des sujets sains (individus ne souffrant pas de pathologies pouvant influencer, d'une manière quelconque, la perception visuo-spatiale élémentaire) âgés de 4 à 65 ans et répartis en 7 catégories d'âges : [4 ; 6[n = 24, [6 ; 8[n = 32, [8 ; 10[n = 38, [10 ; 12[n = 42, [12 ; 15[n = 30, [15 ; 18[n = 17, [18 ; 65[n = 26. L'ensemble de ces sujets contrôles participe à la constitution de l'échelle de cotation des scores PVSE en fonction de l'âge (figure 1, tableaux I et II). Sept enfants ont passé la WISC-IV et un a passé la MABC.

Concernant le second groupe, ce sont 225 individus ([4 ; 6[n = 6, [6 ; 8[n = 42, [8 ; 10[n = 76, [10 ; 12[n = 54, [12 ; 15[n = 34, [15 ; 18[n = 11, [18 ; 65[n = 2) présentant un trouble neuro-développemental de type « dys » et/ou étant nés prématurément (voir tableau III) dont le score au test PVSE va être comparé à celui des sujets contrôles de leur catégorie d'âge et catégorisé selon l'échelle de cotation présentée sur les tableaux I et II. Les enfants nés à moins de 38 semaines d'aménorrhée (SA) sans diagnostic de trouble « dys » ont été recrutés par une annonce dans le service de néonatalogie et dans les établissements scolaires. Pour les enfants avec trouble « dys » qui ont fréquenté le réseau Dys/10, l'établissement Delta OVE ou le centre de référence des troubles des apprentissages du CHU de Lyon dans les quatre dernières années, le diagnostic clinique a été recueilli ainsi que, dans la mesure du possible, les scores aux tests cliniques réalisés par ces individus lors de leurs divers bilans de psychométrie, d'ergothérapie ou d'orthophonie. Les 2 adultes sont un adulte présentant un TDC et un adulte sans trouble « dys » né prématurément. Le diagnostic de trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDA/H) était réalisé avec le questionnaire du DSM-5 et complété lorsque c'était possible par la TEA-Ch (Manly et coll., 2004). Le diagnostic de TDC était réalisé sur la base des critères du DSM-5 et de la WISC-IV (en particulier les sous-tests cube et code), complétés lorsque c'était possible par la MABC (Soppelsa et Albaret, 2004), le BHK (Charles et coll., 2003), la NEPSY (Korkman et coll., 2012), le *Purdue Peg-board* (Tiffin, 1948), le test des Praxies constructives de Benton (1968). Le diagnostic de dyslexie était réalisé sur la base des critères du DSM-5 et du test de l'Alouette (Lefavrais, 1964) complété par un bilan d'orthophonie. Le

85. Établissement de l'Ain de la fondation OVE (reconnue d'utilité publique et qui compte 90 établissements médico-sociaux en France « au service de toutes les différences »).

diagnostic de dysphasie était réalisé sur la base des critères du DSM-5 et du test de la N-EEL (Chevrie-Muller et Plaza, 2001).

Les résultats aux tests cliniques quantitatifs WISC-IV, MABC, BHK, NEPSY, *Purdue Pegboard*, et Praxies de Benton lorsqu'ils étaient passés et qu'ils soient dans la norme de leur âge ou non, ont été utilisés pour des corrélations avec le score au test PVSE.

Le test PVSE

Validité d'apparence

Le test PVSE est rapide à réaliser. Celui-ci dure, en moyenne, une dizaine de minutes. La particularité de ce test, par rapport aux autres existants, est qu'il va permettre d'évaluer la perception visuo-spatiale pure, c'est-à-dire en limitant, au maximum, l'interaction avec des fonctions motrices, gnosiques et langagières. Le test cherche ainsi, *via* son mode d'application simple et épuré, à isoler l'aspect visuo-spatial du reste des aptitudes de l'individu, à convenir à toute catégorie d'âge, dès 4 ans, et à toute catégorie pathologique.

Ce test se définit par des consignes claires et facilement compréhensibles par des enfants en bas âge. Le test va se répartir en six types d'exercices différents (appelés « sous-tests »), chacun composé de douze items. Les sous-tests ne sont pas tous présentés dès le début à l'individu examiné. Ainsi, pour chaque sous-test, la consigne est exposée et l'examineur répond avec l'individu à deux items du sous-test servant d'exemples. Après ces deux exemples, l'individu poursuit l'évaluation seul avec douze items. Le premier sous-test est introduit et l'évaluation de ses douze items est effectuée. À son tour, le deuxième sous-test est défini puis évalué. Cette pratique est suivie jusqu'au dernier sous-test. Cela permet d'éviter toute confusion entre les différents exercices. Pour éviter toute forme de confusion, les deux items à comparer sont présentés sur une feuille blanche A4 qui va contenir uniquement les figures qui lui sont propres et ainsi écarter toutes écritures pouvant potentiellement perturber l'attention de l'individu sur le test. Concernant les modalités de réponses aux items, elles sont majoritairement binaires. Tous les items des cinq premiers sous-tests sont de type « Oui » ou « Non ». Le dernier sous-test relatif à la sélection de la position demande à l'individu de donner la couleur d'un point à sélectionner parmi un choix multiple de positions.

Validité du contenu

Le test PVSE se fractionne en six sous-tests (figure 2). Chaque sous-test est composé de douze items cotés à 1 point chacun, qui croissent en difficulté au sein de chaque sous-test. Le test PVSE donne donc un score brut sur 72 points. C'est à partir des scores bruts obtenus pour les individus contrôles de chaque catégorie d'âge que l'échelle de cotation du test PVSE est construite. Le score brut d'un enfant avec développement atypique ne sera donc interprétable que par rapport aux performances de sa catégorie d'âge.

L'étude de la distribution du test PVSE a été opérée pour le groupe contrôle. Le score brut total PVSE est asymétrique à gauche (test de Skewness) et indique ainsi que les faibles valeurs sont plus fréquentes que celles élevées. En s'intéressant à l'aplatissement (test de Kurtosis) de ce même score, on constate que sa distribution est leptokurtique⁸⁶. Ceci permet de confirmer l'utilisation de tests non paramétriques dans les analyses statistiques concernant le test PVSE.

Fidélité

Comme attendu sur la base de la méthodologie suivie dans la constitution du test, la cohérence interne entre les six sous-tests est bonne justifiant la présence complémentaire de chacun pour évaluer la PVSE. On obtient un alpha de Cronbach égal à 0,758 (les réponses aux questions portant sur le même sujet sont corrélées) avec un intervalle de confiance à 95 % relativement précis de 0,697 à 0,805.

La fidélité test-retest est bonne. Pour ce calcul, 13 individus ont été testés une première fois puis testés à nouveau dans les mêmes conditions (sans rééducation ou avec une simple rééducation de leur vision binoculaire) avec un délai de quelques semaines à quelques mois ne les faisant pas changer de catégorie d'âge. Le calcul renvoie une corrélation intra-classe (ICC) de 0,61. Le résultat est significativement différent de 0 ($p < 0,05$). Néanmoins, l'intervalle de confiance à 95 % spécifie que les valeurs de la fidélité dans la population peuvent varier entre 0,13 et 0,86.

Analyses statistiques

Les analyses sont réalisées sur le logiciel Statistica. Le seuil de significativité alpha est fixé à 5 %.

86. Distribution leptokurtique : distribution qui s'élève assez haut et qui retombe brutalement. Ses queues de distribution comptent plus d'observations que dans une distribution gaussienne.

Prévalence de troubles de la PVSE dans les différentes populations

Le score au test PVSE d'un individu donné va être comparé à deux valeurs de cotation :

- la valeur limite inférieure de l'interquartile des contrôles sains de même catégorie d'âge (Q1) qui correspond à la limite inférieure de la boîte à moustaches sur la figure 1.
- la valeur limite inférieure caractérisant les valeurs aberrantes (*outlier limit* ou $OL = Q1 - 1,5 * \text{Interquartile Range}$) qui correspond à la valeur de la moustache inférieure sur la figure 1.

Dans la population contrôle, par définition, 25 % des individus vont avoir un score inférieur à la valeur Q1, donc un score marquant une performance faible par rapport aux enfants de leur catégorie d'âge. L'effectif d'individus ayant un score inférieur à Q1 dans une population pathologique donnée pourra donc être comparé statistiquement au pourcentage théorique de 25 % par un test exact unilatéral de Fisher (équivalent aux tests de χ^2 mais pour des faibles effectifs).

Le pourcentage d'individus ayant un score inférieur à OL marquera quant à lui une prévalence de capacité de PVSE sévèrement échouée par rapport à leur catégorie d'âge puisque cette performance est par définition en dehors de la distribution des individus contrôle de la catégorie d'âge. Ce pourcentage sera mentionné mais ne donnera lieu à aucun test statistique.

Corrélations avec d'autres tests

La cotation au test PVSE (tableau II), comme la note standard de la plupart des tests, prend donc en compte l'âge de l'individu. On peut par conséquent regrouper l'ensemble des individus testés quel que soit leur âge pour une analyse de corrélation avec d'autres tests (valeurs normalisées), même si les tests mesurent des capacités en développement. L'analyse des coefficients de corrélation de Spearman entre les performances cotées au test PVSE et autres tests a ici pour but de mesurer la contribution des capacités de PVSE à la réussite des différents tests (tableau IV). Il est attendu des corrélations positives et assez élevées pour les tests considérés par les cliniciens comme des tests à forte composante visuo-spatiale. Cependant, plus le test sera multifactoriel, plus la corrélation sera faible, un individu sans trouble de la PVSE pouvant échouer à ce test pour d'autres raisons.

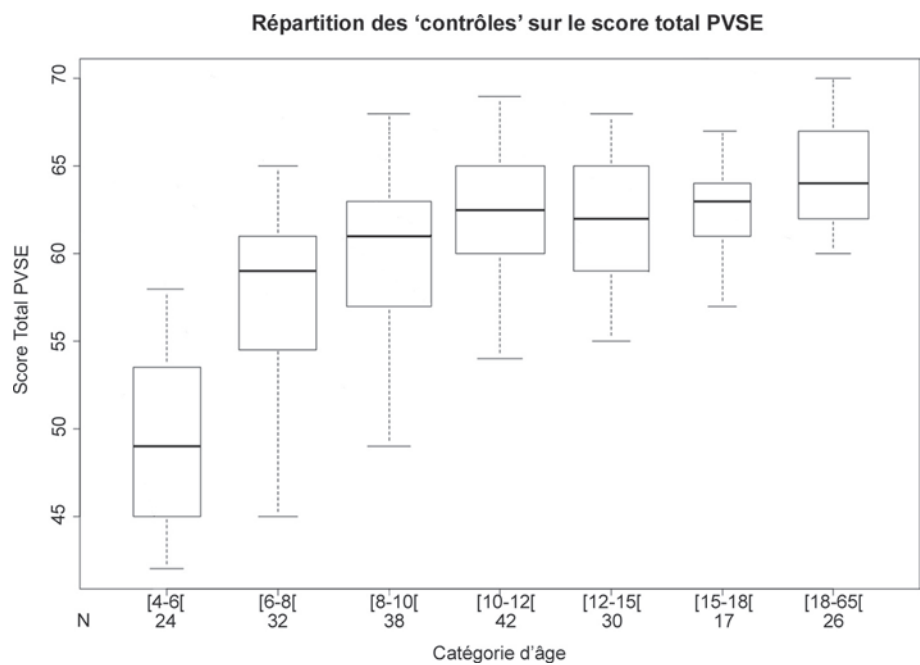


Figure 1 : Répartition des individus contrôles sur le score total PVSE

Tableau I : Tableau descriptif du score total brut au test PVSE du groupe contrôle (valeurs normatives)

Catégorie d'âge	Score moyen	Écart-type	OL_inf	Q1	Médiane	Q3	OL_sup
[4 ; 6[	49,4	5,06	42	45	49	53,5	58
[6 ; 8[	58,0	4,52	45	54,5	59	61	65
[8 ; 10[	60,3	4,77	49	57	61	63	68
[10 ; 12[	61,9	3,76	54	60	62,5	65	69
[12 ; 15[	62,1	3,59	55	59	62	65	68
[15 ; 18[	62,5	2,98	57	61	63	64	67
[18 ; 65[	64,6	3,16	60	62	64	67	70

OL : outlier ; Q : quartile

Tableau II : Règles de cotation de l'échelle PVSE

Modalités de classement	Score associé
$< OL_{inf}$	1
$OL_{inf} \leq x < Q1$	2
$Q1 \leq x < M$	3
$M \leq x < OL_{sup}$	4
$Q3 \leq x < OL_{sup}$	5
$\geq OL_{sup}$	6

OL : outlier ; Q : quartile ; M : médiane.

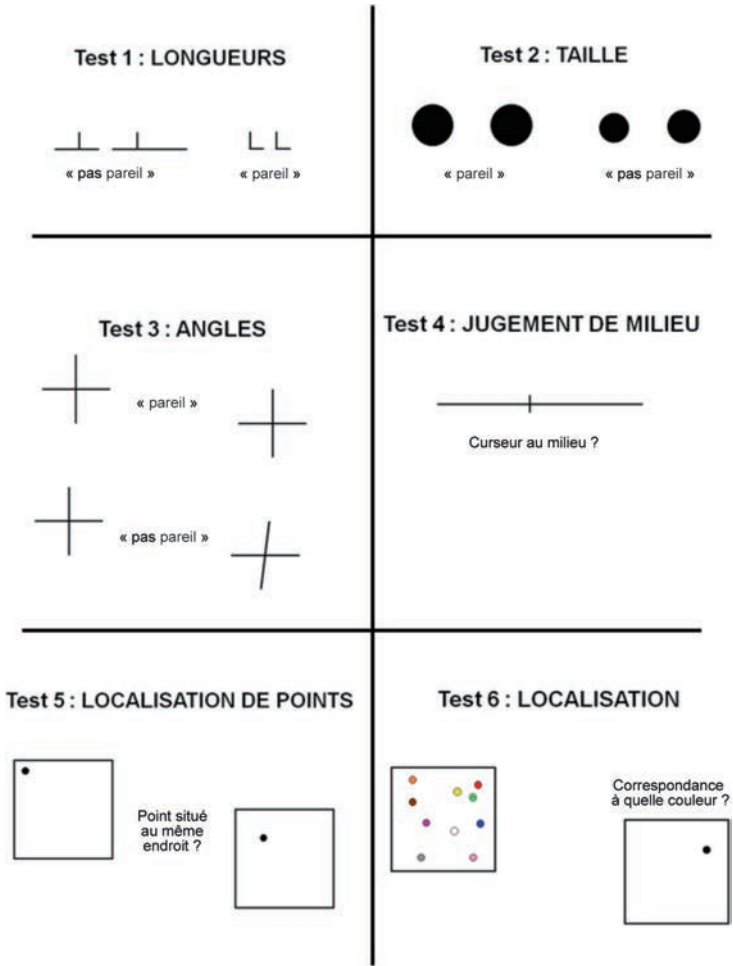


Figure 2 : Exemples de test PVSE

Tableau III : Effectifs et prévalences (%) pour les différentes catégories diagnostiques

Groupes	Effectif total	Effectif prématurés ≤ 37 SA	Effectif prématurés ≤ 33 SA	Effectif score PVSE < Q1	Effectif score PVSE < OL_inf
Trouble DYS	174	33 (19 %)	19 (11 %)	100 (57 %)**	32 (18 %)
Dyspraxie (TDC)	47 Dont : Diagnostiqués sans MABC : 37 Diagnostiqués avec MABC < 15 ^e percentile : 10	17 (36 %) 15 (40,5 %) 1 (10 %)	13 (28 %)	29 (62 %)** 23 donc 62 %* 6 donc 60 %	9 (19 %) 7 donc 19 % 2 donc 20 %
TDA/H	10 (5 TDA et 5 TDAH)	2 (20 %) (TDA sans H)	2 (20 %)	6 (60 %)	1 (10 %)
Dysphasie (pure ou associée à une dyslexie)	22 (18+4)	3 (17 %)		4 (19 %)	1 (5 %)
Dyslexie	32	2 (6 %)	1 (3 %)	22 (69 %)**	3 (10 %)
TDC+TDA/H	13	2 (15 %)	0 %	9 (69 %)*	5 (39 %) (dont les 2 prémas)
TDC+dyslexie	10	1 (10 %)	1 (10 %)	6 (60 %)	1 (10 %)
TDC+dysphasie	24	4 (17 %)	1 (4 %)	12 (50 %)	7 (29 %)
Association ≥ 3 troubles DYS	16	2 (12 %)	1 (6 %)	12 (75 %)*	5 (31 %)
Prématurés sans trouble DYS	27	27	17	16 (59 %)*	1 (6 %)
Enfants avec trouble de la vision binoculaire (sans trouble DYS)	14	0	0	5 donc 36 %	2 donc 14 %

Une prévalence de troubles de la PVSE significativement supérieure à la valeur théorique de 25 % d'après le test exact unilatéral de Fisher est indiquée par une étoile si $p < 0,05$, deux étoiles si $p < 0,005$.
OL : *outlier* ; Q : quartile

Tableau IV : Résultats des tests de corrélation de Spearman entre les cotations standardisées au test PVSE (de 1 à 6, voir tableau II) et aux autres tests cliniques réalisés pour lesquels la valeur absolue du coefficient de corrélation est assez élevée ou la corrélation est significative (p inférieure à notre seuil alpha de 0,05 indiquée par une étoile)

Résultats des tests de corrélation de Spearman entre les cotations standardisées au test PVSE (de 1 à 6, voir tableau II) et aux tests suivants :	Effectif	Coefficient de corrélation R
Sous-test arithmétique WISC-IV	14	0,66*
Praxies de Benton	12	0,61*
<i>Purdue Pegboard</i> : score unimanuel	21	0,60*
Flèches NEPSY-2	13	0,45
<i>Purdue Pegboard</i> : score bimanuel	19	0,43
<i>Purdue Pegboard</i> : score assemblage	19	0,42
Sous-test matrice WISC-IV	149	0,33*
Indice de raisonnement perceptif (IRP) WISC-IV	171	0,33*
Cubes NEPSY-2	80	0,31*
Dextérité manuelle MABC-2	45	-0,28
Indice de mémoire de travail (IMT) WISC-IV	89	0,25*
Sous-test cube WISC-IV	151	0,22*
Sous-test symbole WISC-IV	149	0,19*

Discussion

Les résultats nous permettent de valider trois hypothèses de base (validité de construit du test PVSE) :

- Hypothèse 1 : Le test PVSE mesure des capacités de traitement cortical (par la voie visuelle dorsale) et donc un trouble périphérique de la vision binoculaire sans trouble « dys » ne devrait pas affecter significativement le score au test PVSE. En effet, les individus avec un trouble de la vision binoculaire ($n = 14$) sans trouble neuro-développemental montrent une prévalence de 36 % de scores inférieurs à Q1 de leur catégorie d'âge. Cette prévalence n'est pas significative.
- Hypothèse 2 : Le test PVSE mesure spécifiquement des capacités de traitement visuel et nous devrions donc trouver une absence de corrélation entre le test PVSE et l'indice de compréhension verbale (ICV) de la WISC-IV. De plus, les enfants dysphasiques, quelle que soit la sévérité du trouble, ne devraient pas échouer plus que les enfants sains au test PVSE. Les résultats

montrent en effet que la corrélation entre le test PVSE et l'ICV est faible et non significative ($R = 0,13$; $n = 167$; $p > 0,05$) et que les individus souffrant de dysphasie ($n = 22$) ont une prévalence de 19 % de scores inférieurs à Q1 de leur catégorie d'âge. Cette prévalence n'est pas significative.

- Hypothèse 3 : Le test PVSE devrait corrélérer avec les autres tests cliniques évaluant la perception visuo-spatiale sans motricité. Nous nous attendons donc à une corrélation significative avec matrice de la WISC-IV et flèches de la NEPSY. De plus, la naissance prématurée pouvant atteindre le fonctionnement des territoires jonctionnels du cortex pariétal (voie visuelle dorsale) sur lesquels reposent les capacités de perception visuo-spatiale (Dutton et Jacobson, 2001), notamment par l'atteinte de la partie postérieure et supérieure de la substance blanche autour des ventricules latéraux (visible à l'IRM en cas de leucomalacie périventriculaire ; Fazzi et coll., 2009), les enfants nés prématurés (≤ 37 SA) devraient échouer davantage que les enfants sains au test PVSE. Les résultats montrent en effet une corrélation significative entre le test PVSE et le sous-test matrice ($R = 0,33$; $n = 149$; $p < 0,05$) de la WISC-IV. En ce qui concerne flèches de la NEPSY, la corrélation n'atteint pas la significativité malgré un coefficient de corrélation assez élevé mais l'effectif est faible ($R = 0,45$; $n = 13$). La prévalence de 59 % observée pour les prématurés n'ayant pas fait l'objet d'un diagnostic de trouble « dys » ($n = 27$) montre une différence significative à la prévalence de référence (25 %) selon le test exact unilatéral de Fisher ($p < 0,05$). Les grands prématurés (nés avant 33 SA) sans trouble « dys » qui se sont prêtés au test PVSE ($n = 17$) présentent une prévalence équivalente de 59 %. Il est à noter qu'il y a des prématurés dans les populations avec troubles neuro-développemental, notamment parmi les dyspraxiques (36 % ; tableau III), mais nous avons ici choisi d'exclure ces individus afin de ne pas biaiser les résultats et d'évaluer l'effet de la prématurité uniquement, même s'il est possible que la prématurité (et le trouble de la PVSE associé) soit à l'origine du trouble « dys » de l'individu.

Les résultats nous permettent d'explorer les liens entre le test PVSE et les tests du TDC.

Dans notre population d'individus présentant un TDC sans autre trouble « dys » associé, nous avons trouvé une prévalence de trouble de la PVSE de 62 % (hautement significative $p < 0,005$). Un pourcentage similaire de scores inférieurs à la valeur Q1 de leur catégorie d'âge est observé que le TDC (pur) ait été diagnostiqué avec le test MABC ($n = 10$) ou sans le test MABC ($n = 37$). Ce pourcentage, déjà élevé, représente la contribution de la perception visuo-spatiale (PVSE) seule ; il est à noter qu'avec des tests évaluant des fonctions plus primaires de la vision (électro-rétinogrammes,

électro-oculogrammes et potentiels évoqués visuels), ou des tests plus multifactoriels faisant intervenir lesgnosies visuelles (Frostig, 1973 ; Rey, 1941) ou la motricité (cubes de Khos, 1972 ; copie de figure de Rey, 1959 ; copie de figure de Beery – VMI, 1982 ; barrage de cloches de l'Odédys, 2005), la prévalence de troubles d'ordre visuel a même été estimée à 88 % dans l'étude de Vaivre-Douret et coll. (2011) si on fait la somme des 44 % d'enfants au profil de dyspraxie VSC (purement visuo-spatiale et visuo-constructive) et des 44 % de profils mixtes (dyspraxie VSC + idéomotrice).

Le test PVSE ne faisant pas intervenir la motricité, il ne teste que l'acuité des comparaisons spatiales visuo-visuelles. Nous nous attendons donc à une corrélation du test PVSE seulement avec les tests moteurs où le geste est guidé sous contrôle visuel direct. Nous faisons donc l'hypothèse que le test PVSE doit être corrélé avec le score de dextérité manuelle du test MABC où le mouvement est contrôlé visuellement. Il ne doit pas y avoir de corrélation avec les deux autres sous-tests du test MABC, équilibre et maîtrise de balle, où l'effecteur n'est pas toujours dans l'espace visuel et le mouvement du corps entier est contrôlé sur la base d'informations proprioceptives, tactiles et vestibulaires, à mettre en relation avec l'environnement visuel. La corrélation entre le test PVSE et le score de dextérité manuelle est proche de la significativité ($R = -0,28$; $n = 45$; $p = 0,08$) alors que ce n'est pas le cas pour le score d'équilibre ($R = 0,005$; $n = 45$; $p > 0,05$) ni de maîtrise de balle ($R = -0,03$; $n = 45$; $p > 0,05$). Au final, la corrélation entre le test PVSE et le score total de la MABC n'est pas significative ($R = -0,12$; $n = 51$; $p > 0,05$).

La dextérité manuelle peut également être évaluée par le *Purdue Pegboard*. La corrélation est significative avec le score unimanuel ($R = 0,60$; $n = 21$; $p < 0,05$) mais n'atteint pas la significativité malgré des coefficients de corrélation élevés pour le score bimanuel ($R = 0,43$; $n = 19$; $p > 0,05$) ou le score d'assemblage ($R = 0,42$; $n = 19$; $p > 0,05$). Il semblerait donc dans ce test où la motricité fine est importante mais également la précision gestuelle, qu'un déficit puisse venir d'un trouble visuo-spatial.

La contribution visuo-spatiale est importante dans tous les tests faisant intervenir la manipulation de pièces de construction. Le test des praxies constructives de Benton corrèle significativement avec le test PVSE malgré un petit effectif ($R = 0,61$; $n = 12$; $p < 0,05$). Le PVSE est aussi corrélé significativement avec cube de la NEPSY ($R = 0,31$; $n = 80$; $p < 0,05$) et avec cube de la WISC-IV ($R = 0,22$; $n = 151$; $p < 0,05$).

Pour les tests faisant intervenir l'outil scripteur, les coefficients de corrélation sont en général très faibles révélant une faible contribution du contrôle visuel

direct pour les schémas moteurs de tenue et de manipulation du stylo et surtout d'écriture. En effet, le score du PVSE ne corrèle ni avec le score de qualité graphique ($R = -0,05$; $n = 68$; $p > 0,05$) ni avec le score de vitesse graphique ($R = -0,002$; $n = 69$; $p > 0,05$) du BHK utilisé pour le diagnostic de dysgraphie. Le sous-test code de la WISC-IV qui sollicite l'écriture ne corrèle pas non plus avec le test PVSE ($R = 0,15$; $n = 150$; $p > 0,05$) mais le sous-test symbole pour lequel l'outil scripteur est seulement là pour sélectionner une réponse perceptive parmi des distracteurs corrèle quand même significativement avec le PVSE ($R = 0,19$; $n = 149$; $p < 0,05$). On n'observe pas de corrélation entre le test PVSE et les tests de copie de figure ($R = 0,16$; $n = 69$; $p > 0,05$) et de précision visuo-motrice ($R = 0,06$; $n = 25$; $p > 0,05$) de la NEPSY ; pas de corrélation non plus avec le sous-test de barrage de la WISC-IV ($R = 0,01$; $n = 13$; $p > 0,05$).

Le sous-test arithmétique de la WISC-IV est fortement corrélé au test PVSE malgré un petit effectif ($R = 0,66$; $n = 14$; $p < 0,05$). C'est aussi le cas des opérations mentales de l'indice de mémoire de travail (IMT) de la WISC-IV ($R = 0,25$; $n = 89$; $p < 0,05$). Vaivre-Douret et coll. (2011) ont également rapporté que les enfants du profil visuo-spatial et visuo-constructif échouaient à 89 % en arithmétique.

Conclusion

Notre étude a démontré une forte prévalence de troubles de la PVSE dans le TDC avec un test pur ne faisant pas intervenir la motricité, les gnosies, le langage et les fonctions exécutives complexes. Il est cependant notable que cette forte prévalence n'est pas spécifique du TDC puisque les enfants dyslexiques par exemple échouent également significativement au test PVSE et que c'est chez les enfants « multi-dys » que la prévalence de déficits de la PVSE est la plus élevée (75 %). La PVSE est donc importante pour de nombreuses fonctions et pas spécifiquement pour les praxies. On trouve notamment une forte corrélation entre le score au test PVSE et au sous-test arithmétique de la WISC-IV.

Le lien (causal) entre trouble de la PVSE et TDC est donc difficile à établir. En fait, à part le sous-test symbole de la WISC-IV où le stylo sert simplement à « pointer » la cible parmi des distracteurs, les tâches motrices qui corrélaient significativement avec la PVSE ont en commun de faire intervenir le membre supérieur sans l'intermédiaire d'outil dans une tâche motrice réalisée sous contrôle visuel direct : dextérité manuelle du MABC, score unimanuel du *Purdue Pegboard*, praxies constructives de Benton et différents tests visuo-constructifs consistant à reproduire un modèle à partir de cubes. Le TDC étant diagnostiqué

pour 1/3 sur la base de ce contrôle visuel du geste manuel (scores de dextérité), pour 1/3 sur la base du contrôle postural (scores en équilibre) et pour 1/3 sur la base de la mise en relation visuo-proprioceptive des informations spatiales provenant respectivement de l'environnement et du corps (avec les scores de maîtrise de balle), nous ne trouvons pas de corrélation entre PVSE et le score total du MABC. La plupart des enfants sont diagnostiqués TDC avec un score total qui atteint le seuil du fait d'une atteinte de ces trois domaines moteurs dont l'origine ne peut pas être la PVSE.

La mise en relation entre vision et proprioception n'est pas évaluée par le test PVSE qui ne fait pas intervenir la main mais est également atteinte en cas de lésion pariétale et d'ataxie optique (Blangero et coll., 2007 ; Pisella et coll., 2009 et 2015). Un enfant qui aurait un profil pariétal complet serait donc atteint dans les deux domaines de la dextérité manuelle et de la maîtrise de balle et pourrait dépasser le seuil pathologique de la MABC. En revanche, un enfant spécifiquement mais sévèrement atteint dans un domaine particulier (par exemple la dextérité manuelle suite à une atteinte de la PVSE) ne va pas atteindre le seuil pathologique, c'est le cas par exemple de nombreux prématurés. Certains cliniciens diagnostiqueront quand même dans ce cas une dyspraxie visuo-spatiale sur la base de tests typiquement visuo-constructifs (comme les tests de cube, le test des praxies de Benton).

RÉFÉRENCES

- Benton AL. *Test de praxie constructive tridimensionnelle*. Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 1968.
- Blangero A, Ota T, Delporte L, et al. Optic ataxia is not only « optic »: Impaired spatial integration of proprioceptive information. *Neuroimage* 2007 ; 36 (suppl 2) : T61-8.
- Charles M, Soppelsa R, Albaret JM. *BHK – Échelle d'évaluation rapide de l'écriture chez l'enfant*. Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 2003.
- Chevrie-Muller C, Plaza M. *N-EEL : nouvelles épreuves pour l'examen du langage*. Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 2001.
- Dutton GN, Jacobson LK. Cerebral visual impairment in children. *Semin Neonatol* 2001 ; 6 : 477-85.
- Faillenot I, Decety J, Jeannerod M. Human brain activity related to the perception of spatial features of objects. *Neuroimage* 1999 ; 10 : 114-24.
- Faillenot I, Toni I, Decety J, et al. Visual pathways for object-oriented action and object recognition: functional anatomy with PET. *Cereb Cortex* 1997a ; 7 : 77-85.

- Faillenot I, Sakata H, Costes N, *et al.* Visual working memory for shape and 3D-orientation: a PET study. *Neuroreport* 1997b ; 8 : 859-62.
- Fazzi E, Bova S, Giovenzana A, *et al.* Cognitive visual dysfunctions in preterm children with periventricular leukomalacia. *Dev Med Child Neurol* 2009 ; 51 : 974-81.
- Fias W, Menon V, Szucs D. Multiple components of developmental dyscalculia. *Trends Neurosci Educ* 2013 ; 2 : 43-7.
- Hochmann JR, Mody S, Carey S. Infants' representations of same and different in match- and non-match-to-sample. *Cogn Psychol* 2016 ; 86 : 87-111.
- Korkman M, Kirk U, Kemp S. *NEPSY-2 : bilan neuropsychologique de l'enfant* (2^e ed). Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 2012.
- Lefavrais P. *Alouette : test d'analyse de la lecture et de la dyslexie*. Montrouge : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 1964.
- Manly T, Robertson IH, Anderson V, *et al.* *TEA-Ch : test d'évaluation de l'attention chez l'enfant*. Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 2004.
- Pisella L, André V, Gavault E, *et al.* A test revealing the slow acquisition and the dorsal stream substrate of visuo-spatial perception. *Neuropsychologia* 2013a ; 51 : 106-13.
- Pisella L, Blangero A, Tilikete C, *et al.* Attentional disorders. Chapter 16. In : Ochsner K, Kosslyn S (eds). *The Oxford Handbook of cognitive neuroscience, volume 1 : Core topics*. Oxford : UK, Oxford University Press, 2013b : 319-50.
- Pisella L, Rossetti Y, Rode G, *et al.* L'ataxie optique dans le syndrome de Balint. In : Pérennou D, Rode G, Azouvi P, *et al.* (eds). *La cognition spatiale. Échanges en réadaptation*. Montpellier : Sauramps médical, 2015 : 173-184.
- Pisella L, Sergio L, Blangero A, *et al.* Optic ataxia and the function of the dorsal stream: contributions to perception and action. *Neuropsychologia* 2009 ; 47 : 3033-44.
- Soppelsa R, Albaret JM. *Manuel de la batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant*. Paris : Éditions du Centre de Psychologie Appliquée, 2004.
- Tiffin J, Asher EJ. The Purdue Pegboard: NNNorms and studies of reliability and validity. *J Appl Psychol* 1948 ; 32 : 234-47.
- Ungerleider LG, Mishkin M. Two cortical visual systems. In : Ingle DJ, Goodale MA, Mansfield RJW (eds). *Analysis of visual behavior*. Cambridge, MA : MIT press, 1982 : 549-86.
- Vaivre-Douret L, Lalanne C, Ingster-Moati I, *et al.* Subtypes of developmental coordination disorder: research on their nature and etiology. *Dev Neuropsychol* 2011 ; 36 : 614-43.
- Vidyasagar TR, Pammer K. Dyslexia: a deficit in visuo-spatial attention, not in phonological processing. *Trends Cogn Sci* 2010 ; 14 : 57-63.
- Wilson PH, McKenzie BE. Information processing deficits associated with developmental coordination disorder: a meta-analysis of research findings. *J Child Psychol Psychiatry* 1998 ; 39 : 829-40.

Vers l'école inclusive

Serge Thomazet

*Laboratoire ACTé (activité, connaissance, transmission, éducation),
EA 4281, Université Clermont Auvergne*

Cette contribution va donner priorité aux savoirs issus de mes travaux de recherche, menés seul, ou en partenariat, notamment avec Corinne Mérini⁸⁷ et portera sur la question de la scolarisation des enfants présentant un TDC dans un cadre plus global qui est celui de l'adaptation de l'école aux besoins particuliers des enfants « différents ».

Nos ancrages en sciences de l'éducation et en analyse de l'activité nous ont amenés à aborder l'étude de la scolarité des élèves à besoins éducatifs particuliers selon un angle spécifique, d'une part en prenant en compte la complexité des situations étudiées, d'autre part en nous appuyant sur l'activité réelle des professionnels et familles confrontés aux évolutions actuelles de l'école. Cette approche nous semble à même de faciliter l'identification des difficultés rencontrées lors de la mise en place de l'école inclusive et la recherche de solutions pour les dépasser.

Après avoir présenté le « triple point de vue » qui nous permet d'étudier les situations d'enseignement, nous centrerons notre présentation sur trois questions : l'accessibilité de l'école, la mise en place de partenariats et la formation. Dans chacune des parties ci-après, nous listons des éléments d'analyse, fondés sur la recherche, et des pistes de travail, prospectives, visant à dépasser les difficultés rencontrées dans la mise en place d'une école inclusive.

Un triple point de vue

Étudier l'évolution de l'école vers un fonctionnement plus inclusif amène à appréhender un processus complexe, où interagissent les injonctions légales et réglementaires, les contraintes des terrains et des acteurs et enfin les choix éthiques et les principes. Ces domaines sont étudiés à la fois individuellement ou dans leurs interactions.

87. Également membre du laboratoire ACTé (EA 4281) et spécialiste du partenariat.

Du point de vue des principes, l'école inclusive est avant tout un idéal, un projet pour l'école, permettant d'offrir à chaque enfant et quels que soient ses besoins particuliers, la meilleure école possible, au sein de dispositifs ordinaires (Thomazet et coll., 2014). Cet idéal ne résulte pas de choix scientifiquement fondés, il est éthique (Thomazet, 2008 et 2009). En d'autres termes, la transformation de l'école est avant tout un choix de principes pour permettre l'accès à l'école ordinaire à tous les enfants sans limitation (Skrtic et coll., 1981). Cette approche conduit certains théoriciens de l'école inclusive à inverser les inférences habituelles : plutôt que de questionner la pertinence de l'école inclusive, les chercheurs sont invités à trouver des solutions pour que l'école puisse devenir inclusive (Biklen et coll., 1985 ; McLeskey et Waldron, 1996).

Du point de vue du droit, les textes législatifs français, reprenant les directives internationales, sont sans ambiguïtés : ils visent à rendre notre système éducatif plus inclusif (Bélanger et coll., 2013). Au niveau réglementaire, plusieurs textes ont permis à l'Éducation nationale, entre 2013 et 2017, d'adapter ses structures et dispositifs à la loi du 11 février 2005⁸⁸ (voir par exemple la circulaire du 8 août 2016⁸⁹ pour une synthèse à laquelle il faudra ajouter la réforme de la formation des enseignants spécialisés, décret du 10 février 2017⁹⁰). Ces textes visent à promouvoir et à faciliter l'école inclusive, ou à tout le moins l'« inclusion » des enfants et adolescents handicapés et à besoins éducatifs particuliers en milieu ordinaire.

Enfin, sur le terrain, la situation apparaît plus complexe. Une majorité d'enseignants sont insuffisamment formés en France et ne se jugent pas compétents pour construire une école inclusive (Cnesco, 2016 ; SNUipp-FSU, 2014). Ce constat est fait dans beaucoup de pays (voir par exemple dans la francophonie, Massé et coll., 2015 ; Ramel et Bonvin, 2014). Conséquence de ce manque de formation, l'injonction de faire une école à la fois ordinaire (la même école pour tous) et adaptée à chacun (Skrtic, 1991) est vue comme paradoxale, ce qui conduit à un sentiment d'impuissance et à une forte inquiétude (SNUipp-FSU, 2014). Cependant, de nombreux travaux de recherche et témoignages montrent que l'accueil réussi en milieu ordinaire est loin de n'être qu'une utopie (Bélanger et Duchesne, 2010).

88. Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées

89. Circulaire n° 2016-117 du 8 août 2016 sur la scolarisation des élèves en situation de handicap

90. Décret n° 2009-378 du 2 avril 2009 relatif à la scolarisation des enfants, des adolescents et des jeunes adultes handicapés et à la coopération entre les établissements mentionnés à l'article L. 351-1 du code de l'éducation et les établissements et services médico-sociaux mentionnés aux 2° et 3° de l'article L. 312-1 du code de l'action sociale et des familles

Quelques éléments d'analyse, au croisement de ces points de vue, viennent éclairer des situations qui apparaissent parfois confuses pour les acteurs.

Tout d'abord, le texte reconnu comme fondateur dans l'Éducation nationale (loi du 11 février 2005) n'est pas systématiquement considéré comme tel dans le secteur médico-social, qui s'appuie plutôt sur la loi 2002-2 du 2 janvier 2002⁹¹ du fait de son antériorité. Ces deux lois ne portent pas des valeurs différentes, mais le fait que l'école et le secteur médico-social ne s'appuient pas sur les mêmes lois est révélateur de la dissociation des deux « mondes » (Béguin, 2004).

De plus, une formation courte permet aux professionnels d'envisager un idéal d'école à la fois accueillante pour tous les enfants et adaptée à chacun. C'est une étape importante, en rupture avec le paradigme antérieur d'une école dont certains seulement auraient l'apanage comme le dit Charles Gardou (2012). Ce point de vue inclusif recueille l'assentiment des enseignants, notamment du premier degré (Mazereau, 2009 ; SNUipp-FSU, 2014). La difficulté est alors, pour chaque professionnel, de mettre en pratique ces principes pour contribuer à transformer l'école.

Enfin, dans ce contexte, le choix fait par le législateur et l'administration de l'éducation de maintenir, à côté des nouveaux dispositifs inclusifs, les structures ségrégatives rend l'environnement peu lisible. Le « millefeuille administratif » (Félix et coll., 2012) ainsi créé conforte l'idée que la scolarisation des enfants à besoins particuliers est une affaire de spécialistes.

Pour pallier ces difficultés et aller vers une école véritablement inclusive, nos travaux nous ont conduits à considérer plusieurs pistes de travail. L'une d'entre elles consiste à amener les professionnels à envisager la construction d'une école inclusive comme un processus sur le long terme dans lequel il existe un décalage entre les principes, l'idéal (Albero, 2010) et la réalité actuelle de beaucoup de terrains.

Une autre piste propose d'accompagner les familles pour les aider à monter et faire vivre, pour leur enfant, un projet scolaire correspondant à leurs attentes. Diverses expérimentations vont dans ce sens (Prisme⁹², assistants au projet de vie⁹³...).

91. Loi n° 2002-2 du 2 janvier 2002 rénovant l'action sociale et médico-sociale

92. Voir par exemple <http://trisomie21-france.org/base-documentaire/extranet/activites-federales/seminaire-de-travail/283-palette-ressources-pour-l-inclusion-socio-medecale-experimentale-prisme/file>

93. https://nexem.fr/app/uploads/2017/07/cp_nexem_apv_prix-ocirp_DV_4juill2017.pdf

Une troisième piste serait de former non seulement les enseignants, mais l'ensemble des personnels de l'école et des services d'accompagnement sur les orientations actuelles de l'école.

Enfin, une autre piste de travail concerne la simplification du « millefeuille » qui permettrait de mobiliser plus de moyens, matériels et humains, au service de l'école inclusive.

Rendre l'école accessible pour répondre aux besoins de tous les élèves

Depuis la loi du 11 février 2005, l'action politique, législative et réglementaire en faveur d'une école inclusive a rendu possible à un toujours plus grand nombre d'enfants avec handicap la fréquentation des écoles ordinaires (Rosenwald, 2017). Les moyens alloués, toujours plus importants, ont permis la création de postes d'auxiliaires de vie scolaire (AVS) et d'accompagnants des élèves en situation de handicap (AESH) et de dispositifs spécialisés tels que les unités localisées pour l'inclusion scolaire (ULIS) (voir par exemple un inventaire des ressources sur le portail Éduscol⁹⁴). Les dispositifs ainsi créés sont venus appuyer l'école « ordinaire » qui, elle, fait l'objet de textes de cadrage spécifiques (par exemple la loi du 8 juillet 2013⁹⁵).

Éléments d'analyse

Après 2005, contrairement à d'autres services comme les transports, l'école n'a pas été réformée structurellement pour devenir accessible, mais s'est vu adjoindre des moyens pour mettre en œuvre des aides de nature compensatoire, notamment des aides humaines comme les AVS, maintenant AESH.

En conséquence, les dispositifs d'accompagnement restent, pour une large part, des dispositifs compensatoires visant à permettre aux enfants d'accéder à une école qui n'est pas toujours faite pour eux. Ces dispositifs compensatoires ont toute leur pertinence pour nombre d'enfants qui n'ont pas de difficulté à suivre le curriculum tel qu'il est habituellement enseigné. Beaucoup d'enfants, en revanche, ont besoin que l'école s'adapte et les dispositifs compensatoires ne sont pas suffisants.

94. <http://eduscol.education.fr/pid23254/scolarisation-des-eleves-handicapes.html>

95. Loi n° 2013-595 du 8 juillet 2013 d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la République

En effet, l'école se doit de répondre aux besoins de tous les élèves tout en conservant la forme d'organisation pédagogique qui est la sienne et qui passe par un enseignement collectif (Veyrunes et Durand, 2007). Pour l'école, la mise en accessibilité se pose principalement d'un point de vue pédagogique : il s'agit de faire en sorte que les contenus d'enseignement, l'organisation de la classe et de l'école correspondent aux besoins des élèves. En conséquence, plutôt que de séparer les enfants en fonction de l'étiologie de leurs problèmes, il semble préférable, comme l'a proposé la Grande-Bretagne depuis longtemps (Warnock, 1978), de penser l'action pédagogique en fonction des besoins particuliers (Benoit, 2003 ; Thomazet, 2012). Selon cette approche, l'identification du handicap (au sens de la déficience) n'est pas nécessaire d'un point de vue pédagogique. Il appartient cependant à l'école de mieux définir le concept de besoin.

Néanmoins, actuellement, la nécessité d'avoir un handicap *reconnu*, pour se voir ouvrir des droits à compensation, d'une part incite l'école à poursuivre les logiques tubulaires qui ont été les siennes pendant des décennies (Lafore, 2009) et d'autre part conduit à « médicaliser » certaines difficultés scolaires afin de disposer des aides estimées nécessaires.

Pistes de travail

Il s'agit maintenant de sortir des logiques tubulaires qui fractionnent les aides et les ressources, par exemple en réorganisant l'accompagnement à partir de la typologie établie par le *Warnock report* (1978) : besoins d'aménagements pour accéder aux enseignements, besoins d'aménagements dans les enseignements et enfin besoins pour répondre à des difficultés émotionnelles ou comportementales.

En lieu et place d'un métier devenu impossible, car soumis à des injonctions considérées comme paradoxales, il semble également nécessaire d'accompagner les professionnels pour les aider à faire les « pas de côtés », les déplacements qui vont leur redonner un sentiment de compétence. Mobiliser le concept de « besoin particulier » plutôt que de rechercher l'étiologie des problèmes est un de ces « pas de côté » qui permet aux enseignants d'agir efficacement dans le cadre scolaire, bien au-delà du « handicap », en direction de tous les élèves qui en ont besoin (Thomazet, 2012). En effet, la logique des « besoins particuliers » met l'école en responsabilité d'agir pour la réussite de tous les enfants. Cette responsabilité nécessite en conséquence de repenser la collaboration avec le secteur médical, sous la forme d'un véritable partenariat (Mérini, 1999) et non plus d'une dépendance.

Par ailleurs, enseigner la même chose à toute une classe quand certains enfants connaissent déjà les savoirs enseignés et d'autres n'ont pas les pré-requis pour les acquérir est une perte de temps pour les élèves concernés autant que pour le professeur. La formation, initiale et continue, doit permettre aux enseignants de concevoir la différenciation pédagogique comme un élément constitutif et systématique de leur enseignement pour tous les élèves. Ceci étant, la différenciation pédagogique au sein des classes a des limites, c'est donc l'organisation de l'école qu'il faut repenser, non pour recréer des filières spécialisées, mais pour mettre en place les dispositifs d'accompagnement (*priming*, groupes de besoins...) rendant possible la scolarité en milieu ordinaire des élèves les plus en difficulté. L'accessibilité pédagogique est à penser au-delà de l'enseignement, dans l'organisation de la classe, des affichages, l'écriture et la mise à disposition des manuels scolaires.

En résumé, l'école inclusive nécessite, bien au-delà de la classe, des transformations structurelles et organisationnelles. L'ajout de dispositifs compensatoires à une école inadaptée aux différences ne rendra pas l'école accessible.

Des partenariats pour permettre une réelle collaboration entre les enseignants, les professionnels du soin et de l'accompagnement et les familles

Tout comme le développement de l'école inclusive, le développement du partenariat est une injonction récurrente faite à l'école (Marcel et Piot, 2014). En tentant de passer d'une conception tubulaire et sectorielle à un fonctionnement transversal et de réseaux, l'action publique rend nécessaire la collaboration entre des acteurs dont l'action était autrefois indépendante (Thomazet et Mérini, 2014).

Mais cette collaboration entre professionnels de différents mondes n'a rien d'évident, elle suppose différentes conditions pour devenir un véritable partenariat (Mérini, 1999). La première d'entre elles est la réduction des asymétries entre acteurs dans un contexte où celles-ci sont constitutives de l'école. C'est le cas notamment de la surplombance qu'exerce l'école sur les familles. Mais d'autres asymétries sont révélées par la mise en place de l'école inclusive. C'est le cas par exemple des actions d'autorité du secteur médical sur l'école, qui ne sont pas nouvelles, mais, tant que les deux secteurs, enseignement et médecine, restaient dissociés, ne généraient que peu d'effet de surplombance. Enfin des asymétries se construisent avec la mise en place de l'école inclusive, notamment par le travail collaboratif qu'elle nécessite.

572 Ainsi, il n'est pas rare que des réunions d'équipes pluridisciplinaires mettent

en difficulté des professionnels dont l'activité est maltraitée par des jugements normatifs empruntés à des cadres extrinsèques. Les acteurs vont tout à la fois subir et agir sur cette diversité d'asymétries ce qui va configurer chaque action d'accompagnement et la complexifier en raison des interdépendances qui vont se nouer entre légitimité, expertise et volonté (Thomazet et Mérini, 2018).

Éléments d'analyse

Le partenariat est avant tout pensé comme un dispositif institutionnel et administratif. Construire un partenariat d'acteurs (Mérini, 1999) au service de la résolution des problèmes est relativement nouveau et nécessite, tout comme l'école inclusive, une formation (Mérini et coll., 2014). La logique partenariale n'a de sens que si les dispositifs scolaires et surtout les professionnels de l'école agissent en tant que partenaires, donc contribuent, dans leur domaine d'expertise à trouver des solutions pour les élèves concernés. En d'autres termes, l'école ne peut attendre de ses « partenaires » qu'ils trouvent seuls dans l'école des réponses scolaires aux enfants « différents ».

Les élèves qui ne posent pas de problèmes particuliers à l'école sont, pour leur immense majorité, déjà présents à l'école. Les élèves qui nous occupent sont ceux qui sont encore majoritairement à la porte de l'école ou ceux qui, dans l'école, ne bénéficient pas pleinement des apprentissages. Ces élèves ont le plus souvent des besoins qui ne sont pas que scolaires : accompagnement éducatif, rééducatif, de soin, etc. Pour ces élèves, le partenariat est donc nécessaire afin d'apporter des réponses cohérentes entre les différents projets (de soin, d'éducation, etc.).

Pistes de travail

Comme le dit Corinne Mérini (1999), le partenariat ne se décrète pas, il est nécessaire de former les professionnels pour construire les conditions du partenariat. Cette formation, jugée nécessaire depuis longtemps (Décret sur la coopération, 2009), concerne tous les maillons de nos systèmes comme le soulignent les travaux conduits par le comité interministériel pour la modernisation de l'action publique (Cimap) dans son rapport sur la scolarisation des élèves en situation de handicap⁹⁶. De ce point de vue, la formation conjointe à destination des professionnels concourant à la scolarisation des élèves en situation de handicap (CNSA, 2016) semble une initiative qui pourrait être développée.

96. <http://www.modernisation.gouv.fr/sites/default/files/fichiers-attaches/3-enfants-handicap-rapport.pdf>

Former les professionnels de l'école... et des spécialistes de l'accompagnement d'équipes

Un premier constat s'impose, dans l'éducation comme dans beaucoup d'autres domaines, la bonne volonté ne suffit pas et devenir professionnel suppose d'acquérir des gestes professionnels. Pour ne donner qu'un exemple dans le domaine de la difficulté scolaire, les chiffres des enquêtes PISA montrent qu'entre 2003 et 2012, les résultats de la France se dégradent malgré la prise de conscience pendant cette période de l'inéquité de notre système éducatif. Ainsi, les difficultés perdurent et s'accroissent malgré l'action des enseignants et autres acteurs de l'école (OCDE, 2014). La formation est jugée nécessaire par l'ensemble des spécialistes du domaine et des organismes internationaux, ce que souligne la conférence de consensus sur l'école inclusive organisé par le CNESCO (2016).

Éléments d'analyse

Une réelle formation prend du temps si l'on veut dépasser la simple information et permettre de véritables transformations des pratiques. Montrer l'idéal d'une école inclusive sans donner les moyens d'atteindre cet idéal relève plus d'une information que d'une formation.

Dans le domaine de la scolarisation, de l'école inclusive, de l'accompagnement des élèves à besoins particuliers, l'information est très présente et cette présence ne suffit pas à changer les pratiques. La formation relève, de notre point de vue, d'un processus d'accompagnement d'équipes qui parte des problèmes rencontrés par les professionnels et les aide à les dépasser (voir par exemple Ainscow et Howes, 2003 dans le domaine de l'école inclusive ; Ria et Leblanc, 2011 dans le domaine de la formation des enseignants).

Toutes les écoles supérieures du professorat et de l'éducation (ESPE) de France organisent une formation initiale sur l'école inclusive et les besoins particuliers. D'une durée de 15 à 40 heures pour les enseignants des 1^{er} et 2nd degrés, cette formation n'est pas minimaliste au regard de la durée totale de la formation professionnelle des enseignants le plus souvent concentrée sur l'année de M2. Dans ces formations, des pistes d'aménagement sont présentées pour répondre aux besoins des élèves dyslexiques comme pour l'ensemble des enfants présentant des troubles spécifiques du langage et des apprentissages. Ces formations sont cependant peu intégrées aux autres enseignements dispensés en formation initiale (didactique, pédagogie). Par ailleurs, si un tel enseignement est souvent jugé comme prioritaire par les futurs professeurs, les urgences d'une formation courte amènent les étudiants à ne

pas réellement en intégrer les éléments dans leurs gestes professionnels (Lavoie et coll., 2013 ; Mazereau, 2009).

Pistes de travail

Intégrer la question des besoins particuliers aux enseignements ordinaires et donc à la formation ordinaire des professionnels est une nécessité si l'on ne veut pas que les « publics » à besoins particuliers ne restent marginalisés et que la transformation des pratiques soit envisagée en terme de compensation plutôt que d'accessibilité.

La formation des enseignants c'est aussi la formation continue et cette dernière serait largement à développer que ce soit pour les enseignants, les cadres et les autres professionnels de l'école. La formation continue sous la forme actuelle est extrêmement coûteuse et peu efficace. Une évolution vers l'accompagnement d'équipes avec des professionnels de terrain formés à cet accompagnement semble une piste prometteuse. Dans cette optique, la réforme de la formation des enseignants spécialisés est une opportunité pour développer des missions de personnes ressources et de formateurs de terrain (décret du 10 février 2017⁹⁷).

Nous concluons en pointant la nécessité d'un développement et d'une coordination des recherches dans le domaine de l'école inclusive et du partenariat afin d'aider les enseignants à surmonter les difficultés qu'ils rencontrent au quotidien.

RÉFÉRENCES

Ainscow M, Howes A. *Effective networking for inclusive development in schools: learning between communities of practice*. Paper presented at the International conference on school effectiveness and school improvement. Sydney, Australia, 2003.

Albero B. De l'idéal au vécu : Le dispositif confronté à ses pratiques. In : Albero B, Poteaux N (dir). *Enjeux et dilemmes de l'autonomie. Une expérience d'autoformation à l'université. Étude de cas*. Paris : Maison des Sciences de l'Homme, 2010 : 67-94.

Béguin P. Mondes, monde commun et versions des mondes. *Bull Psychol* 2004 ; 57 : 45-8.

97. Décret n° 2017-169 du 10 février 2017 relatif au certificat d'aptitude professionnelle aux pratiques de l'éducation inclusive et à la formation professionnelle spécialisée

Bélanger N, Duchesne H. *Des écoles en mouvement : inclusion d'élèves en situation de handicap ou éprouvant des difficultés à l'école*. Ottawa : University of Ottawa Press, 2010.

Bélanger J, Thomazet S, Mérini C. Agir ensemble et lois France-Québec. *Éducation et Formation* 2013 ; e-300 : 39-51.

Benoit H. Peut-on parler de besoins éducatifs particuliers en cas de difficulté scolaire ? *Nouvelle Revue de l'Adaptation et de la Scolarisation* 2003 ; 22 : 81-8.

Biklen G, Bogdan R, Ferguson D, et al. *Achieving the complete school: effective strategies for mainstreaming*. New york : Teachers College Press, 1985.

Caisse nationale de solidarité pour l'autonomi (CNSA). *Un nouveau partenariat inter-institutionnel en faveur de la scolarisation des élèves en situation de handicap*. 2016. Consulté le 1^{er} avril 2019 sur la page <http://www.cnsa.fr/actualites-agenda/actualites/un-nouveau-partenariat-inter-institutionnel-en-faveur-de-la-scolarisation-des-eleves-en-situation-de-handicap>.

Conseil national d'évaluation du système scolaire (Cnesco). *Préconisations pour une école inclusive*. Paris : Cnesco, 2016.

Félix C, Saujat F, Combes C. Des élèves en difficulté aux dispositifs d'aide : une nouvelle organisation du travail enseignant. *Recherches en Éducation* 2012 ; hors série n° 4 : 19-30.

Gardou C. *La société inclusive, parlons-en ! Il n'y a pas de vie minuscule*. Toulouse : Érès, 2012.

Lafore R. Le travail social à l'épreuve d'un environnement institutionnel en recomposition. *Informations Sociales* 2009 ; 2 : 14-22.

Lavoie G, Feuilladiou S, Thomazet S, et al. Construction sociale de la désignation des élèves à « besoins éducatifs particuliers » : incidences sur leur scolarisation et sur la formation des enseignants. *Alter-European Journal of Disability Research/Revue Européenne de Recherche sur le Handicap* 2013 ; 7 : 93-101.

Marcel JF, Piot T. Le travail collectif des enseignants en question(s). *Questions Vives* 2014 ; 21. Consulté le 1^{er} avril 2019 sur la page <https://journals.openedition.org/questionsvives/1524>.

Massé L, Bégin JY, Couture C, et al. Stress des enseignants envers l'intégration des élèves présentant des troubles du comportement. *Éducation et Francophonie* 2015 ; 43 : 179-200.

Mazereau P. La formation des enseignants et la scolarisation des élèves handicapés, perspectives européennes : État des lieux et questionnements. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère Nouvelle* 2009 ; 42 : 13-32.

McLeskey J, Waldron NL. Responses to questions teachers and administrators frequently ask about inclusive school programs. *The Phi Delta Kappan* 1996 ; 78 : 150-6.

Mérini C. *Le partenariat en formation : de la modélisation à une application* (2006, 2^e ed). Paris : L'Harmattan, 1999.

Mérini C, Thomazet S, Gaime E. Co-construire des habiletés partenariales pour la prise en compte des besoins particuliers des élèves chez des enseignants novices. In : Portelance L, Martineau S, Mukamurera J (dir). *Favoriser le développement et la persévérance professionnels des enseignants*. Québec : Presses de l'Université du Québec, 2014.

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). *Principaux résultats de l'Enquête Pisa 2012*. Paris : OCDE, 2014.

Ramel S, Bonvin P. D'une pratique intégrative à une école inclusive : nécessité d'un accompagnement des établissements scolaires sur ce chemin. *Revue Suisse de Pédagogie Spécialisée* 2014 ; 2 : 6-12.

Ria L, Leblanc S. Conception de la plateforme de formation Néopass@ction à partir d'un observatoire de l'activité des enseignants débutants : enjeux et processus. *Activités* 2011 ; 8 : 150-72.

Rosenwald F (dir). *Repères et références statistiques 2017 sur les enseignements, la formation et la recherche*. Paris : Direction de l'évaluation, de la prospective et de la performance, 2017.

Skrtric TM. The special education paradox: equity as the way to excellence. *Harvard Educational Review* 1991 ; 61 : 148-206.

Skrtric TM, Clark FL, Bolland KA. Free and appropriate education for all teachers in the least restrictive environment. *Education Unlimited* 1981 ; 3 : 54-6.

SNUipp-FSU. *Pour que l'inclusion fasse école*. 2014. Consulté le 1^{er} avril 2019 sur la page <http://www.snuipp.fr/pour-que-l-inclusion-fasse-ecole>.

Thomazet S. L'intégration a des limites, pas l'école inclusive. *Revue des Sciences de l'Éducation* 2008 ; 34 : 123-39.

Thomazet S. From integration to inclusive education: does changing the terms improve practice? *International Journal of Inclusive Education* 2009 ; 13 : 553-63.

Thomazet S. Du handicap aux besoins éducatifs particuliers. *Le Français Aujourd'hui* 2012 ; 177 : 11-7.

Thomazet S, Mérini C. Le travail collectif, outil d'une école inclusive ? *Questions Vives* 2014 ; 21. Consulté le 1^{er} avril 2019 sur la page <https://journals.openedition.org/questionsvives/1509>.

Thomazet S, Mérini C. Analyse des asymétries du travail collectif dans un contexte d'école inclusive. *Revue Transverse* 2018 ; thématique « Interactions et dynamiques des asymétries » : 23-40.

Thomazet S, Mérini C, Gaime E. Travailler ensemble au service de tous les élèves. *Nouvelle Revue de l'Adaptation et de la Scolarisation* 2014 ; 65 : 69-80.

Veyrunes P, Durand M. *Concevoir des contenus de formations des enseignants à partir de l'analyse du système d'activité en classe*. Strasbourg : Actualité de la recherche en éducation et en formation, 2007.

Warnock HM. *Special educational needs. Report of the Committee of enquiry into the education of handicapped children and young people*. London : Her Majesty's Stationery Office, 1978.

Le point de vue des associations Dyspraxie France Dys et Dyspraxique Mais Fantastique

Au cours du travail réalisé pour élaborer cette expertise collective, le groupe d'experts a souhaité recevoir les principales associations de familles agissant à un niveau national dans le champ de la dyspraxie afin de pouvoir prendre en compte au mieux les vécus des personnes dyspraxiques et de leur famille et entendre leurs principaux besoins/attentes vis-à-vis des pouvoirs publics et du monde de la recherche. Les auditions réalisées avec les présidents des associations Dyspraxie France Dys (DFD) et Dyspraxique Mais Fantastique (DMF) ont été particulièrement enrichissantes à cet égard. Elles ont notamment montré que les deux associations se retrouvent sur divers aspects tout en se complétant sur d'autres et peuvent travailler en synergie pour défendre leurs revendications. En témoigne notamment leur accord sur leurs principales doléances, à savoir l'harmonisation et la réduction des inégalités concernant les diagnostics et les traitements, la formation de l'ensemble des intervenants ainsi que la prise en charge financière des rééducations et des bilans. Les textes issus des auditions sont présentés ci-dessous.

Dyspraxie, les familles attendent des réponses

Paris, mai 2017

Vincent Marron : président de Dyspraxie France Dys

Présentation de l'association Dyspraxie France Dys

Notre association a été constituée en novembre 2011. Elle est membre de la Fédération française des dys (FFDys)⁹⁸, compte 160 bénévoles et 1 300 adhérents environ, répartis sur toute la France. Elle s'appuie sur des associations locales, des délégations départementales et des personnes-relais

98. La FFDys regroupe différentes associations spécialisées dans le domaine des troubles spécifiques du langage et des apprentissages, en particulier la dyslexie, la dysphasie, la dyspraxie.

présentes sur 72 départements, dotées d'une grande autonomie pour entreprendre leurs propres actions.

Les objectifs de l'association visent à contribuer à une meilleure connaissance et reconnaissance de la dyspraxie. Notre rôle est d'écouter, conseiller et orienter les familles, d'améliorer le repérage et le diagnostic, de soutenir l'inclusion scolaire, de favoriser l'insertion professionnelle et l'accès à la vie sociale (permis de conduire, loisirs, etc.). Nous menons également diverses actions de communication (réalisation du film *Dyspraxie, parcours du combattant*, affiches, bande-dessinée, livre pour enfant, contribution à des documentaires télévisés en préparation, etc.) et bénéficions notamment du parrainage très actif de Renan Luce.

Notre action sur le terrain passe essentiellement par la sensibilisation et l'organisation de conférences et colloques. De même, nous prenons beaucoup de rendez-vous auprès des institutions dans les départements, auprès des inspections d'académie, des élus, dans les maisons départementales des personnes handicapées (MDPH), etc.

Auprès des familles, notre mission principale relève de l'écoute⁹⁹. Les familles sont toujours soulagées de trouver des interlocuteurs lorsqu'elles découvrent la dyspraxie de leur enfant et qu'elles sont en recherche de conseils. En 2016, nous avons aidé 1 270 familles, sachant que ce chiffre est manifestement sous-évalué. Nous favorisons également les rencontres entre les familles au sein des départements.

Le parcours de soin et la scolarité

La FFDys est constituée en trois pôles : santé, insertion professionnelle et scolarité. En tant que membre de la FFDys, nous avons des représentants de DFD dans ces trois pôles. Nous bénéficions ainsi d'informations ascendantes des familles et descendantes de la FFDys. Localement, nous rencontrons des membres de l'agence régionale de santé (ARS) ainsi que différents professionnels (médecins, rééducateurs). Lorsque les familles le souhaitent nous pouvons les adresser à des rééducateurs pour des bilans ou des rééducations. Il arrive que les familles se tournent vers nous lorsqu'elles se retrouvent désorientées devant des bilans divergents de la part de divers professionnels. En tant que bénévoles, nous nous refusons à poser un diagnostic mais nous pouvons les orienter en leur communiquant les coordonnées de plusieurs professionnels de disciplines différentes sans intervenir davantage dans leurs

99. Au sein de notre association, le premier contact avec les familles a lieu essentiellement par téléphone ou mail. Finalement, nous rencontrons peu de personnes pour des entretiens individuels.

choix. Il est en effet toujours délicat de conseiller un professionnel en particulier.

Nous apportons aussi notre aide pour remplir les dossiers de la MDPH qui sont souvent lourds pour les familles. Nous insistons auprès des familles pour qu'elles mettent en avant, dans leur dossier, l'ensemble des difficultés subies, au niveau scolaire mais aussi concernant la vie quotidienne. Nous pratiquons une veille concernant les MDPH et diffusons ces informations sur le site internet de l'association et sur ceux des associations membres de la FFDys, concernant notamment la mise en place des projets personnalisés de scolarisation (PPS). L'association a également conclu un partenariat avec un avocat spécialisé dans le domaine du handicap, afin d'assister les familles dans des situations particulières ou conflictuelles avec les MDPH et l'administration en général. En la matière, l'avocat apporte de précieux conseils.

Nous aidons en matière d'établissement du plan d'accompagnement personnalisé (PAP), qui présente un intérêt pour un enfant en attente de son dossier MDPH (il faut parfois compter deux ans pour un diagnostic !) ou en cas de troubles légers. Les familles doivent pouvoir passer du PAP au PPS facilement, ou solliciter directement la MDPH pour la mise en place d'un PPS sans passer par le PAP. Le problème est double : les MDPH profitent du PAP pour exclure de nombreux élèves du PPS (économies, non compréhension du trouble), et la mise en place du PAP sur le terrain est très difficile (des académies refont leurs circulaires locales, il manque de médecins scolaires, les familles ne sont pas assez associées à la rédaction). Il est vrai cependant que certains parents, et particulièrement les pères, ont besoin d'un temps de maturation pour accepter la qualification de handicap et donc demander un PPS. Pour ma part, je tente le plus possible de dédramatiser le terme de « handicap » et d'insister sur le fait que le PAP n'est pas toujours adapté mais que si une aide humaine supplémentaire devient nécessaire, la demande à la MDPH sera alors indispensable.

S'agissant de la scolarité, nous nous efforçons de faire remonter nos préoccupations et nos propositions au pôle scolarité de la FFDys. Nous œuvrons en matière de sensibilisation des enseignants et des auxiliaires de vie scolaire (AVS) ou accompagnant des élèves en situation de handicap (AESH) au sein des départements *via* des formations (entre une heure trente et trois heures). La plupart du temps, ce sont les familles qui nous demandent d'intervenir, mais il arrive également que les chefs d'établissement nous contactent afin de recueillir des informations. L'entrée des rééducateurs dans l'école¹⁰⁰

100. À l'occasion de notre enquête, 7 % des familles ont fait état d'une interdiction d'entrée du rééducateur à l'école.

a également un effet bénéfique pour sensibiliser à la dyspraxie et favoriser la coordination entre l'école et les autres domaines de la prise en charge. Dans ce sens, les services d'éducation spéciale et d'éducation à domicile (Sessad) sont particulièrement intéressants.

Enfin, nous avons constitué un groupe de travail sur le Centre national d'enseignement à distance (Cned), afin que les jeunes puissent bénéficier de supports adaptables. DFD a conseillé le Cned et a testé sa nouvelle plateforme d'adaptation de textes AccessiDys.

Les loisirs et le sport

Nous considérons que la vie de l'enfant se déroule aussi en dehors de l'école, d'où l'importance des loisirs. C'est pourquoi nous travaillons à la sensibilisation des professionnels du secteur. À cette fin, nous avons élaboré une plaquette avec le soutien du ministère de la Jeunesse et des Sports ainsi que de la Caisse nationale des allocations familiales (Cnaf). Nous entamons des partenariats au niveau national avec des mouvements d'éducation populaire, pour sensibiliser tous les animateurs en formation (BAFA, BAFD, brevets professionnels). Actuellement, nous sommes au stade de la rédaction de conventions. Nous projetons également de sensibiliser les fédérations sportives. En guise de test, nous commencerons par la Fédération française de natation. En outre, dans les jours prochains, je signerai une convention avec Fédération française handisport afin de permettre l'accès des enfants et adultes dyspraxiques aux clubs handisport. En particulier, la licence sera modifiée.

L'insertion professionnelle et le permis de conduire

Concernant les adultes, l'association intervient en matière de sensibilisation des employeurs et des organismes sociaux. Le pôle d'insertion professionnelle de la FFDys a notamment rédigé une brochure à destination des employeurs, « Histoire de comprendre les Dys en entreprise », ainsi qu'un ouvrage à destination des personnes Dys, *Réussir son orientation et sa vie professionnelle quand on est Dys*, qui a remporté le prix Handilivre à l'automne dernier. Il s'agit d'un recueil destiné à éclairer les personnes dyspraxiques dans le domaine de l'emploi. De plus, une avocate adhérente de l'association est spécialisée en droit du travail. À ce titre, nous lui adressons les jeunes rencontrant des difficultés professionnelles.

Nous sommes particulièrement sollicités concernant le permis de conduire. L'association est notamment un interlocuteur de la Direction de la sécurité et de la circulation routière (DSCR). À ce titre, elle est parvenue à faire

étendre à la dyspraxie la convention sur le passage du code, portant à l'origine uniquement sur la dyslexie et la dysphasie. Un arrêté ministériel a officialisé la convention. Nous avons édité une plaquette labellisée par la DSCR consacrée à la dyspraxie et à la conduite automobile, et pratiquons également des sensibilisations. Depuis fin 2016, je forme les nouveaux inspecteurs et délégués au permis de conduire qui organisent les examens. Ces formations seront pérennisées au fil des années. À l'automne ou au printemps prochain, je participerai à un séminaire national réunissant tous les délégués de France. En découleront des formations dans les départements. Nous travaillons en partenariat avec le Centre de ressources et d'innovation mobilité handicap (CEREMH), organisme créé par la Sécurité routière et des associations, sur un projet de formation des moniteurs du permis de conduire.

Besoins et attentes des familles

Dans le domaine de la santé

Globalement, la notion de « parcours du combattant » revient constamment dans les retours des familles.

Bien souvent, les médecins généralistes ne connaissent pas la dyspraxie. De ce fait, les familles rencontrent des difficultés certaines pour accéder au diagnostic, notamment dans les zones rurales. Certains enfants ne bénéficient pas toujours de bilans pluridisciplinaires, faute de professionnels présents sur tous les territoires. Ces bilans pluridisciplinaires nécessitent d'être généralisés. En tout état de cause, les familles ne sont pas toujours bien informées et ne savent pas qu'elles doivent réaliser plusieurs bilans pour établir le diagnostic et éviter les erreurs. Les centres référents sont engorgés, avec des listes d'attente très longues. Dans certains départements, seuls sont accueillis les enfants habitant le département. De façon générale, des disparités sont constatées entre départements dans l'accès aux soins et à l'évaluation des MDPH. Il arrive souvent que les familles, après un déménagement, perdent les prestations qu'ils avaient obtenues dans leur département d'origine. L'ensemble de ces disparités constituent des difficultés parfois insurmontables pour les familles.

De plus, les bilans (en ergothérapie, psychomotricité, etc.) et les rééducations ne sont pas remboursés, de sorte que les familles les plus modestes sont lésées. En outre, l'emprise de la psychanalyse dans les centres médico-psychologiques (CMP) et les centres médico-psycho-pédagogiques (CMPP) est encore très présente. De ce fait, nombre de familles estiment avoir perdu plusieurs

années lorsque l'accent a uniquement été mis sur le côté psychologique, sans qu'une dyspraxie ait été évoquée.

En termes d'objectifs, un module de formation dans les études de médecine serait souhaitable. De même, le nombre de médecins scolaires nécessiterait d'être accru. Des aides à l'installation de rééducateurs et des équipes de diagnostic de proximité sur tout le territoire seraient appréciables. Sur ce point spécifique, Ségolène Neuville, alors secrétaire d'État en charge des personnes handicapées et de la lutte contre l'exclusion, s'était engagée à prendre des mesures, qui pour l'heure tardent encore à intervenir. Nous attendrons dès lors de connaître les propositions de son successeur. De façon générale, il est difficile de trouver les bons interlocuteurs au sein des cabinets ministériels, car la plupart d'entre eux ne sont pas au fait de la dyspraxie. De ce fait, la plupart des entretiens avec les cabinets sont consacrés à des phases informatives, ce qui retarde d'autant la prise de mesures concrètes.

En outre, une formation spécifique des personnels des CMP et CMPP serait indispensable, tout comme le seraient l'allocation de davantage de moyens aux centres référents et la formation du personnel des MDPH. Globalement, il conviendrait que l'ensemble des professions soient représentées dans les centres référents. Par exemple pendant de nombreuses années, le centre de Clermont-Ferrand ne comptait pas d'orthophoniste. De façon générale, il conviendrait que soit respectée la loi de 2005 en commission des droits et de l'autonomie des personnes handicapées (CDAPH)¹⁰¹. En effet, les dérives sont de plus en plus nombreuses, notamment du fait de l'absence d'ouverture de dossiers. Enfin, la création de Sessad dans les départements s'impose.

Dans le domaine de l'éducation

Les familles constatent une formation disparate selon les écoles supérieures du professorat et de l'éducation (ESPE). Pour la FFDys, j'avais coordonné une action visant à entrer en contact avec l'ensemble des ESPE. Avec certaines d'entre elles, les contacts avaient été fructueux alors que d'autres ne nous avaient même pas consenti de rendez-vous. De façon générale, nous tentons de favoriser les partenariats avec les ESPE.

Par ailleurs, la formation continue est insuffisante en raison du manque d'enseignants. En revanche, les chefs d'établissement sont très demandeurs d'interventions dans les écoles et les collèges. Parfois, les changements de comportements sont radicaux.

101. Au sein des MDPH, les CDAPH sont chargées de répondre aux demandes formulées par les personnes handicapées concernant leurs droits en matière d'orientation ou d'attribution des aides et prestations.

Nous souhaitons l'instauration d'un module « Troubles spécifiques du langage et des apprentissages » obligatoire dans les ESPE et en formation continue, ainsi que la formation continue de tous les personnels, y compris les chefs d'établissement. La professionnalisation des AVS et AESH est également souhaitable car on constate une formation très imparfaite, ou trop tardive. Enfin, l'application des PAP et des PPS dans l'enseignement supérieur et les écoles d'apprentissage constituerait un progrès. En effet, les PAP et PPS sont mal appliqués et disparates, ce qui occasionne des difficultés de mise en place. Les familles constatent en outre que des programmes personnalisés de réussite éducative (PPRE)¹⁰² sont de plus en plus souvent mis en place au détriment des PAP, ce qui ne correspond nullement aux besoins.

Par ailleurs, les familles ne sont pas assez associées à la rédaction du Guide d'évaluation des besoins de compensation en matière de scolarisation (GEVA-Sco), du PAP et du PPS. Il résulte ainsi d'une enquête réalisée dans la région Auvergne-Rhône-Alpes que 40 % des familles déclaraient ne pas être associées. De plus, les modalités de scolarisation de l'Éducation nationale ne sont pas suffisamment appliquées dans les établissements d'enseignement agricole. C'est pourquoi nous souhaitons que des modules sur les apprentissages soient mis à la disposition des enseignants dans les ESPE, afin que tous les enseignants bénéficient du même niveau de formation.

À propos des adultes

De plus en plus de demandes émanent d'adultes concernant le diagnostic et l'emploi ou le permis de conduire. Ces personnes font également état de solitude affective, et sont très demandeuses de rencontres pour échanger. C'est pourquoi l'association, pour répondre à ces demandes, a créé des groupes de jeunes adultes comme à Paris, qui rencontrent un grand succès. Les échanges ont lieu en direct ou par l'intermédiaire des réseaux sociaux.

De même, les jeunes adultes insistent sur le besoin de structures rassemblant des équipes pluridisciplinaires, notamment pour réaliser des bilans. Dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, nous avons interrogé les personnes sur leur souhait de bénéficier d'un centre de type « centre référent » pour adultes. Toutes ont répondu positivement à la question. Le besoin de s'adresser à une équipe pluridisciplinaire, même distante de leur domicile, a été fortement exprimé. Toutefois, nous n'avons pas d'indication sur le modèle exact que devraient prendre ces structures.

102. Le PPRE est une action spécifique d'aide, intensive et de courte durée, à destination d'élèves en difficulté dans l'acquisition des compétences du socle commun.

En outre, les familles constatent que l'accès et le maintien dans l'emploi sont difficiles. Elles rencontrent également des difficultés liées à la méconnaissance de Pôle Emploi et de Cap Emploi sur la dyspraxie. Cette situation se résout pourtant facilement lorsque les associations interviennent au sein des antennes de ces organismes. De même, les employeurs privés et publics sont dans l'ignorance de la dyspraxie et de ses manifestations. Par ailleurs, l'accompagnement dans l'emploi est quasiment inexistant. Lors de l'enquête réalisée en région Auvergne-Rhône-Alpes, tous les jeunes interrogés ont regretté l'absence de tutorat lors de leur prise de poste. Il est en outre manifeste que certains salariés sont licenciés par méconnaissance des troubles.

La formation de tous les acteurs, la sensibilisation des employeurs, de la fonction publique et la mise en œuvre de l'emploi accompagné constitueraient donc des mesures importantes.

Les attentes en matière de recherche

Lors d'une conférence organisée par Dyspraxie France Dys sur les attentes en matière de recherche, l'étude des causes de la dyspraxie et les processus la favorisant, tant au niveau de la prématurité que de la génétique, ont fait partie des demandes les plus fréquemment émises. De plus, un consensus sur la terminologie s'impose. Les parents sont souvent déroutés par la succession de termes employés pour décrire les mêmes troubles.

En France, une étude épidémiologique sur les troubles en général serait nécessaire. De façon plus spécifique, les demandes portent sur la compréhension des comorbidités, notamment avec l'épilepsie et les troubles obsessionnels compulsifs.

De même, les troubles neurovisuels et l'agnosie des images dans la dyspraxie sont encore peu connus, de sorte qu'ils pourraient faire l'objet de recherches. L'étude de la frontière entre la dyspraxie et l'autisme Asperger a été évoquée. Les difficultés des personnes dyspraxiques avec les codes sociaux et dans leur relation avec les autres sont aussi des sujets de recherche intéressants.

Un grand nombre de familles a émis des interrogations concernant certaines méthodes de rééducation et d'apprentissage et souhaiteraient avoir plus d'éléments sur leur validation scientifique. Un consensus sur le parcours de soins est recherché, DFD a fait des propositions *via* la FFDys dans le cadre de la saisine de la Haute Autorité de santé sur ce thème.

L'association rappelle sa disposition à participer à des travaux de recherche et sa capacité à mettre les chercheurs en contact avec les familles concernées. L'association joue notamment un rôle de relais auprès d'étudiants souhaitant des données pour préparer leurs thèses et mémoires et s'est également rapprochée d'équipes de chercheurs, notamment à Lyon et à Marseille. Un renforcement des liens avec d'autres équipes désirant contribuer à la recherche sur la dyspraxie serait souhaitable.

Présentation de la Fédération Dyspraxique Mais Fantastique (FDMF) concernant les besoins et attentes des familles de personnes dyspraxiques

Paris, mai 2017

Marianne Deletang : présidente de la FDMF

Présentation de l'association

Notre association de parents d'enfants dyspraxiques existe depuis 2003. Créée à l'initiative de quelques parents d'enfants dyspraxiques, DMF a aussitôt suscité l'investissement de ses bénévoles et adhérents et a connu une croissance rapide et constante. Face à la méconnaissance et à l'ignorance de ce trouble, les parents n'ont d'autre choix que de s'unir et de mutualiser leurs énergies et expériences, avec l'espoir et l'objectif de donner les mêmes chances à chacun. C'est pour répondre à l'isolement des familles et à l'incompréhension de l'entourage que très vite DMF a tissé une toile géographique et solidaire sur tout le territoire, un réseau d'entraide, d'écoute et de partage. Reconnue d'intérêt général, et grâce à cette impulsion première, DMF poursuit et développe ses actions depuis plus de 10 ans. DMF devient une fédération nationale en novembre 2011. Avec le relais et le soutien de tous les bénévoles et adhérents engagés à ses côtés, la fédération DMF continue activement son combat pour soutenir et défendre la cause de tous les « Fantastiques ». Elle compte aujourd'hui une quarantaine de bénévoles et environ mille familles adhérentes.

Nos objectifs visent à faire connaître la dyspraxie, en tant que handicap et non comme maladie. De façon générale, l'association a pour objet de constituer un réseau d'entraide et d'informer les familles, les professionnels et l'ensemble des partenaires concernés. Elle s'efforce d'aider à l'intégration sociale, scolaire et professionnelle. Elle est aussi un relais entre les

associations départementales, qui restent le lieu privilégié des relations avec les parents et professionnels, et leurs divers interlocuteurs privés ou publics.

L'an dernier, nous avons aidé 500 familles, dans un suivi quasi quotidien, que ce soit pour l'accès au diagnostic, l'aide au montage des dossiers MDPH ou encore la formation des AVS ou AESH, l'accès au permis de conduire, l'aide à l'insertion professionnelle pour ne citer que quelques-unes de nos actions.

De plus, 150 colloques et événements ont été organisés en 2016 pour faire connaître la dyspraxie. Par exemple, l'association a participé au Marathon de Paris. Cette année, elle sera présente à Cap Femina, raid en 4 x 4 au Maroc, où une jeune fille dyspraxique sera copilote à bord d'un véhicule.

Pour 2017-2018, nous mettons progressivement en place des ateliers ludopédagogiques et ludonumériques, afin que les préados et ados dyspraxiques puissent avoir un moment de partage et de bien-être mais également se former aux outils informatiques, qui sont pour eux un moyen de compensation important.

Nous avons également mis en place un pôle Insertion professionnelle avec conseils sur les différentes possibilités d'insertion professionnelle dans le domaine du handicap, la rédaction de CV et des simulations d'entretiens. Des brochures sont en cours de rédaction.

De même, plusieurs événements, tout au long de l'année, nous ont permis de faire connaître l'association, de récolter des fonds et d'aider les personnes dyspraxiques et leurs familles. Nous avons notamment organisé plusieurs conférences afin d'alerter et de sensibiliser un très large public. Les thèmes de diagnostic, parcours et aménagements scolaires sont très souvent retenus. Nous avons également réalisé des formations à destination des bénévoles responsables pour relayer et mutualiser les compétences et les savoir-faire acquis depuis plus de 10 ans. Ces formations sont l'occasion de faire le lien entre les régions et sont un temps d'écoute et de partage associatif très apprécié. Des ateliers de mise en situation dys adressés aux parents, enseignants et professionnels de santé ont aussi été proposés. Grâce à du matériel adapté, ils permettent de passer une demi-journée ou une journée « dans la peau d'un dys » et ainsi de mieux comprendre ses difficultés. Nous avons enfin organisé diverses rencontres conviviales (Café-Dys entre familles et professionnels ; concerts caritatifs, rencontres entre adhérents ou avec d'autres associations, ateliers créatifs jeunes, événements sportifs, etc.).

Nous réalisons par ailleurs un important travail collaboratif avec les institutions. Dans de nombreux départements, FDMF siège au sein des commissions

des droits et de l'autonomie des personnes handicapées (CDAPH) au sein des MDPH, tient des permanences à la MDPH, collabore à des groupes de travail au sein des inspections d'académie et participe au travail de formation des enseignants, des auxiliaires de vie scolaire, des conseillers pédagogiques, des chefs d'établissement. FDMF essaie le plus possible d'être en lien avec les réseaux de santé dédiés aux dys, les services de soins, etc. FDMF a, par exemple, participé au projet de création d'un Sessad DYS dans la région Grand Est. Enfin, un rassemblement à Paris est prévu en juillet 2017 pour alerter les nouveaux députés sur le recul des droits des personnes dyspraxiques. À cette occasion, un manifeste pour les dyspraxiques, ainsi qu'une lettre aux candidats à la députation avait permis d'exprimer précisément les besoins des dyspraxiques en matière de droits.

Pour résumer, la volonté de la Fédération Dyspraxique Mais Fantastique est d'instaurer une collaboration et une synergie optimales avec tous les partenaires concernés par la dyspraxie et les troubles associés.

Besoins et attentes des familles

Nos besoins et attentes vis-à-vis des pouvoirs publics, visent essentiellement à ce que le droit à la compensation soit respecté partout et par tous. La dyspraxie étant un « handicap invisible », il existe un réel besoin de reconnaissance.

Besoins en matière de santé

En matière de santé, nos objectifs sont tout d'abord de donner des moyens pour un dépistage précoce et de développer l'offre, et les réseaux, de soins pour les enfants et les adultes sur l'ensemble du territoire. Cela doit s'accompagner de formations à la dyspraxie pour les acteurs de santé, tels que les médecins généralistes mais aussi les ergothérapeutes, les pédiatres, les neuropsychologues et les psychomotriciens. Concernant le diagnostic, il a en effet été constaté que nombre de ces professionnels connaissent peu la dyspraxie et ne sont pas formés pour reconnaître ce trouble. De ce fait, les familles ne savent pas vers qui se tourner pour réaliser les bilans et s'adressent en priorité aux orthophonistes car il s'agit des seuls remboursés par la sécurité sociale. D'ailleurs les écoles orientent également directement les familles vers les orthophonistes. À noter qu'il peut exister une grande disparité entre les bilans réalisés d'un professionnel à l'autre, que ce soit dans les tests utilisés ou dans le niveau de détail atteint. Pour notre part, nous conseillons un bilan approfondi d'ergothérapie et de psychomotricité, ainsi qu'un bilan neuropsychologique ou neuropédiatrique. Les coûts totaux peuvent varier entre

300 et 900 euros. Malgré ces bilans, il arrive que les médecins ne fassent pas les déductions nécessaires pour poser le diagnostic de dyspraxie. Les familles nous contactent alors, en évoquant une « suspicion de dyspraxie », mais sont en peine d'obtenir un diagnostic clair. Cela est accentué dans la mesure où il est rare que les enfants présentent une dyspraxie seule.

Afin d'obtenir une réelle égalité de traitement sur tout le territoire, nous souhaitons également une harmonisation à la hausse des pratiques des MDPH. En outre, nous demandons le financement de l'ergothérapie et de la neuropsychologie par la sécurité sociale afin de faciliter le diagnostic et la prise en charge et de réduire les inégalités de santé. Enfin, la reconnaissance de l'expertise des associations représentatives et leur intégration aux groupes de travail sur le sujet (CNSA, MDPH, ARS, etc.) est un enjeu qui nous tient à cœur.

Besoins en matière d'éducation

En matière d'éducation, nous souhaitons que les démarches des familles soient simplifiées pour mettre un terme au « parcours du combattant ». Pour l'heure dans certains départements, il est nécessaire de renouveler la demande d'aide auprès de la MDPH de façon annuelle ou bisannuelle. De même, les procédures de dispenses de certains enseignements nécessitent d'être réitérées régulièrement. Une démarche simplifiée par cycle serait par conséquent préférable.

La simplification attendue suppose que les PPS soient systématiques, et que la dyspraxie soit envisagée dans son ensemble, avec ses impacts sur la vie quotidienne. La dyspraxie ne saurait en effet être réduite au seul cadre scolaire, de sorte que les PAP sont insuffisants. Nous demandons ainsi aux familles de mettre en place systématiquement un PPS, en évitant le PAP. En effet, le PAP relève du bon vouloir de l'établissement et n'est pas opposable en justice. De plus, l'ensemble des troubles du quotidien dus à la dyspraxie excède largement le cadre scolaire.

La formation des enseignants et des personnels de direction, ainsi que des AVS et des AESH, devrait être obligatoire. De même, le recrutement et le parcours professionnel des personnes accompagnantes devraient tenir compte de l'ensemble des impératifs liés à la connaissance du handicap et de la dyspraxie. Or la situation présente est très différente, puisque le manque d'AVS et d'AESH conduit à recruter tous les candidats, quelle que soit leur formation. Après le recrutement, un tel besoin en formation n'est pas systématiquement comblé. À titre d'exemple, alors que l'aide aux enfants dyspraxiques en matière informatique est indispensable, certains AVS n'ont

aucune compétence informatique. De façon générale, il est impératif que les personnes accompagnantes soient recrutées et formées correctement afin d'accomplir efficacement leur office auprès des enfants.

Nous déplorons de plus en plus de déscolarisations. Elles se produisent généralement au collège et s'accroissent au lycée, en particulier pour des motifs de phobie scolaire. C'est pourquoi nous sommes confrontés à beaucoup de demandes de renseignements sur le Cned.

En outre, la simplification des démarches passe par la refonte des textes applicables aux élèves en situation de handicap. Ainsi, il serait utile de permettre un continuum entre le parcours scolaire et les examens. Il serait également indiqué que les aménagements des examens découlent du PPS, pour éviter aux parents de faire des demandes supplémentaires.

De même, il conviendrait que des cellules handicap obligatoires soient instaurées dans tous les établissements post-bac. Actuellement, elles ne sont pas uniformément réparties sur le territoire. De plus, un nombre suffisant d'enseignants référents auprès des élèves handicapés (ERH) devrait être prévu pour suivre la réalité des décisions prises par les équipes de suivi de la scolarisation (ESS). Hier, une ERH m'a confié qu'elle avait suivi 360 ESS en une année, ce qui est considérable.

Des outils de partage pour diffuser des supports pédagogiques adaptés seraient en outre très utiles, en particulier sur des plateformes centralisées.

Au niveau scolaire, le GEVA-Sco n'est pas toujours rempli en concertation avec la famille. Il apparaît également que l'évaluation des besoins en termes de handicap par les enseignants n'est pas correcte. Souvent, les documents sont complétés sans que la famille en ait obtenu une copie.

Parmi les autres mesures à prendre, il serait également indispensable de permettre la dispense de matière et d'examen, de fonder l'orientation sur le projet de vie de l'enfant et non en comparaison avec le niveau attendu des autres élèves, de renforcer la prise de décision des MDPH et d'adapter systématiquement les manuels scolaires aux dyspraxiques dans toutes les matières, de même que les livres audio au sein des médiathèques.

Besoins dans le domaine du travail

Dans le cadre de l'emploi, les attentes sont également nombreuses. Il s'agirait en premier lieu de simplifier l'obtention de la reconnaissance de la qualité de travailleur handicapé (RQTH) pour les dyspraxiques. Les demandes portent également sur la nécessaire adaptation du poste de travail en fonction

des compétences, et non du handicap. Dans le domaine professionnel, la formation de tous les acteurs concernés (Agefiph, Cap Emploi, etc.) s'impose. La mise en place de projets d'emplois accompagnés est nécessaire de façon harmonisée sur tout le territoire, car pour l'heure seules existent quelques initiatives départementales ou régionales. Face à une telle disparité, nombre de familles sont contraintes de déménager.

Une campagne à destination des entreprises publiques et privées nécessiterait d'être menée, car la dyspraxie est un enjeu de santé publique. En la matière, notre association a d'ores et déjà initié une action avec l'intervention d'une personne spécifiquement dédiée à la formation des acteurs dans les entreprises publiques et privées pour les informer sur la dyspraxie. Par ailleurs, le développement des métiers d'accompagnement des adultes en situation de handicap nécessite d'être poursuivi.

Autres besoins

Au niveau familial, la reconnaissance du statut d'aidant familial et la possibilité de congé rémunéré pour enfant dyspraxique constitueraient des mesures souhaitables, de même que le passage à temps partiel et la conservation de l'emploi pour des parents déjà fragilisés. Il arrive en effet que les parents, souvent les mères, soient contraints de réduire leur activité professionnelle, ce qui est susceptible de les mettre en difficulté vis-à-vis de l'employeur. Il n'est pas rare non plus que des mères s'adressent à nous alors qu'elles sont en situation de *burn-out*. Dans les grandes entreprises, les cellules handicap existantes pourraient utilement créer un service d'aide aux parents d'enfants dyspraxiques, notamment en les adressant aux associations.

En matière de justice, il conviendrait d'améliorer les délais de traitement des plaintes au tribunal administratif, et de faire appliquer les décisions de justice par les établissements. En effet, il est anormal que les familles soient contraintes de recourir à des avocats pour obtenir l'exécution des décisions qui leur sont favorables, alors que les procédures pour leur obtention sont déjà onéreuses et chronophages. La diffusion publique des jugements nécessiterait en outre d'être systématisée. Enfin, le défenseur des droits reçoit les plaintes mais son intervention n'est pas suivie d'actions concrètes. Ses décisions n'ont malheureusement aucune force contraignante. Par exemple dans le cadre scolaire, même lorsque la famille communique au directeur d'établissement un courrier très précis du défenseur des droits, la situation n'évolue pas nécessairement.

En matière de transports, la formation systématique des auto-écoles aux troubles dyspraxiques nécessite d'être mise en place. L'accessibilité des transports

aux personnes dyspraxiques doit être améliorée en termes de signalétique, d'outils et d'orientation. À ce titre, des cartes simplifiées seraient très utiles.

Enfin, le développement de logements disposant d'espaces mutualisés permettrait l'accompagnement et l'autonomie des personnes dyspraxiques. Pour certaines d'entre elles en effet, le fait de se prendre en charge seules dans un appartement n'est pas toujours aisé.

Attentes vis-à-vis de la recherche

Les attentes vis-à-vis de la recherche sont nombreuses. En premier lieu, il serait indispensable de renforcer les efforts entrepris dans le domaine de la recherche fondamentale afin d'approfondir l'étude des causes de la dyspraxie et d'acquérir des données épidémiologiques détaillées. Il est en effet couramment précisé qu'entre 5 et 7 % des enfants sont atteints de dyspraxie (environ un enfant par classe), sans davantage de précisions.

Par ailleurs, l'accélération et l'amélioration du diagnostic pour les adultes et la fourniture de réponses adaptées en termes de compensation doivent être mises en place. Pour l'heure, aucune étude n'existe concernant l'adulte dyspraxique vieillissant et l'état de dépendance.

En définitive, nous souhaitons que le droit à la compensation soit respecté partout et par tous, pour un meilleur accompagnement de la personne dyspraxique dès son enfance et une meilleure insertion de la personne dyspraxique dans la société.

Les témoignages de professionnels

Au cours du travail réalisé pour élaborer cette expertise collective, le groupe d'experts a souhaité recevoir quelques professionnels impliqués dans l'accompagnement et la prise en charge des personnes présentant un TDC afin de bénéficier d'un éclairage complémentaire sur leur expérience au quotidien. Parmi la diversité des professionnels directement impliqués dans le diagnostic et la prise en charge, et dans l'impossibilité pratique de multiplier les auditions, le groupe d'experts a choisi d'auditionner deux professionnels exerçant en libéral, une ergothérapeute et un psychomotricien. Il leur a été demandé de témoigner de leur expérience au quotidien avec les personnes dyspraxiques concernant le diagnostic et la prise en charge en précisant notamment les principales difficultés qu'ils rencontrent et ce qui relève des relations et de la coordination avec d'autres professionnels (dont l'école).

Le groupe d'experts a également souhaité appréhender une autre facette de la prise en charge en recueillant le témoignage d'un médecin coordonnateur d'une maison départementale des personnes handicapées (MDPH). L'intérêt s'est principalement dirigé vers le processus d'évaluation du handicap mis en œuvre au sein de la MDHP et notamment sur son application concrète dans les cas de TDC. La question des relations de la MDPH avec les autres professionnels et structures impliqués a également occupé les échanges.

Loin de balayer l'ensemble des professionnels impliqués ni la diversité des pratiques et des situations, ces quelques témoignages apportent des éléments complémentaires à l'expertise. Les textes issus des auditions sont présentés ci-dessous.

Réalité de terrain dans le suivi en ergothérapie des enfants dyspraxiques

Juin 2017

Julie Laprevotte : ergothérapeute, doctorante en neurosciences et enseignante vacataire à l'Université de Bourgogne

Ergothérapeute depuis 22 ans auprès d'enfants qui présentent des troubles des apprentissages, j'ai travaillé pendant 9 ans dans une structure de la petite

enfance. J'exerce maintenant en cabinet libéral sur Dijon depuis un certain nombre d'années. À partir de cette expérience, je vais apporter mon témoignage sur la réalité du terrain dans le suivi en ergothérapie des personnes dyspraxiques en Côte-d'Or.

En préambule, je tiens à rappeler que l'ergothérapeute est un professionnel de santé. La profession est réglementée par le Code de la santé publique et nécessite une formation fixée par le ministère de l'Enseignement supérieur. Le diplôme obtenu est un diplôme d'État en ergothérapie et également un grade licence à partir des diplômés 2014. L'ergothérapeute est soumis à une prescription médicale, mais ses actes ne sont pas remboursés par la sécurité sociale. Au niveau libéral, nos interventions ont lieu principalement sur le lieu de vie, c'est-à-dire au domicile, en milieu scolaire, de loisirs ou en environnement professionnel. Des séances se déroulent également en cabinet. Ce sont les patients qui vont à notre rencontre. On trouve par ailleurs des ergothérapeutes dans une multiplicité de structures sanitaires et médico-sociales. L'ergothérapie (*occupational therapy* en anglais) est ciblée sur l'occupation/l'activité humaine, notre rôle est donc de permettre à tout un chacun de réaliser ses propres activités humaines.

Notre cabinet, situé à Dijon, est composé de 8 ergothérapeutes et a accueilli 227 nouveaux patients en 2016. Les demandes de consultations concernent pour 80 % des difficultés de coordination motrice, des difficultés en graphisme, une maladresse corporelle, un projet informatique ou un questionnaire sur l'orientation dans les études. Seuls 10 % de ces patients vont être concernés par un diagnostic de dyspraxie, c'est-à-dire par des troubles réels de la coordination. 40 % d'entre eux seront concernés par un diagnostic de dyspraxie avec des comorbidités associées. 50 % vont présenter des difficultés de la coordination sans l'intensité suffisante pour poser ce diagnostic. Sans tenter de distinguer les troubles primaires associés et les troubles secondaires, j'ai choisi de tout désigner sous le terme « comorbidité ». La gamme de ces troubles associés est particulièrement vaste. On trouve des enfants qui vont présenter une dyslexie associée ou un trouble déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité. Ils peuvent aussi présenter un haut potentiel, un trouble envahissant du développement, une dysorthographe, une dysphasie ou une dyscalculie.

En Bourgogne, une séance d'ergothérapie en libéral coûte environ 40 à 50 euros. Ce prix correspond à l'évaluation qui a été faite du coût du travail de l'ergothérapeute salarié, charges incluses (44 euros). Je vous précise qu'il n'y a pas de grille tarifaire car les ergothérapeutes ne constituent pas une profession réglementée. Les usages varient donc selon les régions, le montant que je vous indique est une moyenne. La séance dure généralement entre 40

et 60 minutes. Nous pratiquons, pour notre part, des séances de 50 minutes, dont 40 minutes passées avec l'enfant et 10 minutes avec les parents ou l'enseignant. Quant à la fréquence, elle est souvent initialement d'une séance par semaine en raison de l'intensité du travail à accomplir.

La durée moyenne des interventions dépendra de l'approche de l'ergothérapeute et de l'intensité des troubles. Nous fonctionnons par projet ciblé (sur des objectifs précis et quantifiables). En fin de parcours nous réalisons un bilan de fin de prescription (finalisation du projet) tout comme il y a un bilan intermédiaire en cours d'année. Je crois que cette approche s'avère très pertinente et efficace. Elle n'est pas encore, à ce stade généralisée.

Le rôle de l'ergothérapeute pour l'entrée dans le parcours de soin

Diagnostic et évaluation des besoins

Dans le département de la Côte-d'Or, notre cabinet se situe en première intention s'agissant de la recherche de diagnostic, ce qui peut différer dans les autres régions où les ergothérapeutes ne sont pas associés à l'élaboration du bilan dans le cadre de la démarche diagnostique, en raison des bilans déjà réalisés en amont par les centres de référence par exemple. Quand on est en première intention, dans le cadre du parcours diagnostique, il nous est demandé de réaliser un bilan complet, par l'utilisation d'outils standardisés et d'observations. Cela comprend un entretien avec la famille, des évaluations d'une durée d'environ trois heures, une consultation de retour qui permet d'expliquer le bilan, de remettre le compte-rendu écrit et de proposer des orientations thérapeutiques ainsi que d'explicitier les consultations associées et ciblées recommandées. Il nous est demandé à l'échelon du département de couvrir trois grands domaines :

- domaine visuo-spatial, c'est-à-dire le dépiage oculomoteur, l'évaluation des stratégies visuelles, les perceptions spatiales avec l'imagerie mentale, les praxies constructives ;
- le domaine sensorimoteur, qui couvre tout ce qui est lié à la motricité fine, à la motricité globale, à la sensorialité et à l'intégration visuo-motrice entre le visuo-spatial et la motricité ;
- le domaine occupationnel, c'est-à-dire les interactions et les difficultés mises en évidence au niveau de la vie quotidienne (soins personnels par exemple), les difficultés au niveau de la vie scolaire (graphisme, utilisation des outils scolaires, organisation), de loisirs (activités physiques, manuelles ou artistiques) ou professionnelle, car nous nous occupons également de jeunes adultes.

Dans notre cabinet, nous avons en revanche fait le choix de ne pas évaluer certaines fonctions cognitives (mémoire, langage, attention, etc.), ce qui reste débattu dans la profession.

Ce bilan va nous permettre de poser des hypothèses de diagnostics et des préconisations au niveau des interfaces scolaires, des accompagnements et de l'entourage familial.

Les outils utilisés sont très variés. Nous rencontrons plusieurs difficultés pour nos évaluations. Il y a notamment quelques domaines pour lesquels nous ne disposons pas de bilans étalonnés ou standardisés, notamment concernant les gnosies visuelles des images par exemple. Mais cela a beaucoup évolué ces dernières années. Il y a, par ailleurs, certaines tranches d'âge qui sont moins simples à gérer car il existe moins d'outils. C'est évidemment le cas de celle correspondant à l'adolescence. Évoquons aussi le problème de l'analyse des bilans, car analyser finement les biais possibles présents lors de la passation par le professionnel ou dans les réponses données par le sujet demande de l'expérience et souvent des formations complémentaires. Le médecin réalisera aussi une analyse différentielle entre la dyspraxie d'origine développementale et d'autres causes possibles aux troubles praxiques. La principale difficulté concerne très clairement l'anamnèse. Nous ne disposons pas toujours, quand nous questionnons les parents, d'informations qualitatives qui soient vraiment exploitables et fiables sur des questions précises du développement de la motricité dans la petite enfance, alors que c'est un point cité dans les critères diagnostiques du DSM-5.

Un autre type de bilan nous est demandé, en dehors de l'évaluation diagnostique. Il s'agit d'une évaluation des besoins. En général, un premier diagnostic a déjà été posé. Le projet préétabli va alors évoluer, en fonction du projet de vie de l'enfant. On est alors sur un bilan ciblé, par l'utilisation d'outils standardisés, l'observation et un entretien avec la famille. De la même manière que le bilan précédent, il y a une consultation de retour avec la famille. On va se centrer davantage sur le projet et la problématique donnée, en lien avec les différents bilans déjà réalisés en amont. On ne sera plus alors sur les hypothèses diagnostiques, mais sur des préconisations pour accompagner au mieux l'enfant et sa famille.

Voilà deux types de parcours, sachant qu'à 80 %, nous nous situons sur le premier parcours au niveau de notre département.

Une pluralité d'acteurs

Au niveau régional de la Bourgogne, l'organisation du parcours diagnostique est assez similaire, avec un mode de fonctionnement qui peut différer selon

les CHU ou les réseaux de santé. Pour notre part, nous nous situons au niveau 1, au même titre que les médecins et professionnels de santé directement accessibles par la famille. Si, pour la famille, la situation est complexe en raison de la nécessité de coordonner plusieurs professionnels de santé, il est possible d'avoir accès au niveau 2, avec un niveau d'expertise plus élevé (neuropédiatres, professionnels de rééducation, réseaux de santé, tels que le réseau de santé Pluradys en Bourgogne, généticiens, pédopsychiatres, etc.) Si la prise en charge demeure complexe et l'accompagnement insuffisant, on en arrive alors au niveau 3, regroupant les centres de référence autisme, les services de pédopsychiatrie, les centres de référence des troubles des apprentissages ou en lien avec la déficience intellectuelle (par exemple Défi en Bourgogne). La question du repérage et du dépistage des troubles est bien traitée en Bourgogne. Beaucoup de formations y sont réalisées pour les différentes professions. Les médecins généralistes préconisent un certain nombre d'évaluations. Ainsi lorsque les enfants arrivent pour réaliser un bilan, nous pouvons nous servir de ce qui a déjà été fait et gagner du temps.

Concernant l'investigation diagnostique, les bilans sont ciblés en fonction du besoin de chacun. Notre principale difficulté réside dans la méconnaissance de notre métier par le médecin généraliste, ce qui allonge le temps de prise en charge et permet l'installation de troubles secondaires. En effet, les enfants nous sont adressés par les associations de famille, les enseignants, les médecins spécialisés.

La seconde difficulté concerne le non-remboursement par la sécurité sociale de ces bilans qui restent à la charge des familles, à l'exception des orientations réalisées par les réseaux de santé. Lorsque la demande de bilan émane des collèves, certains situés en zones défavorisées dans notre département trouvent alors les moyens de financer ces bilans, au même titre qu'ils financent des voyages scolaires ou des projets mis en place par les élèves. Il s'agit d'établissements avec lesquels nous avons l'habitude de travailler et qui savent quel usage concret sera fait du bilan d'ergothérapie. Je reviendrai sur l'accès aux soins ultérieurement.

Concernant la phase de diagnostic pluridisciplinaire, notre difficulté principale se trouve dans la coordination de toutes les informations, par un médecin spécialisé, en raison de la pénurie de ces derniers. Le diagnostic peut mettre parfois plusieurs mois à arriver, notamment si l'enfant n'est pas inclus dans le réseau de santé. Par exemple, au centre référent des troubles des apprentissages, il peut y avoir jusqu'à deux ans d'attente, avant que le dossier ne soit passé en première commission.

Le médecin de famille ou le pédiatre va se retrouver seul face aux bilans, sans temps d'échanges et de coordination avec les différentes professions libérales étant intervenues. Il peut en effet être compliqué de réunir ces différents intervenants en même temps. Les échanges se font alors par courriel et par téléphone.

Pour la dernière étape, la mise en œuvre du projet thérapeutique, les difficultés restent les mêmes. En absence de coordination, on se trouve face à la question de la priorisation des suivis. Un enfant dyspraxique va réaliser trois bilans différents chez trois professionnels de santé différents. Ces trois professionnels vont mettre en évidence des difficultés et chacun va proposer des pistes de prises en charge, sans les prioriser. Les enfants se retrouvent ainsi avec des plannings très lourds d'accompagnement. Après quelques mois de prise en charge, se retrouve à nouveau ce problème de coordination et d'échange entre les différents professionnels.

Pour pallier ces diverses difficultés sur le terrain, nous tâchons de réaliser beaucoup d'actions de formation, notamment en partenariat avec la médecine scolaire avec qui nous entretenons de bonnes relations. Tous les ans nous réalisons à destination des médecins une formation sur les troubles des apprentissages. Cette année, nous réalisons aussi pour la première fois une formation continue à destination des médecins généralistes. Il s'agit là de favoriser les échanges et d'identifier des pistes d'interaction avec les professionnels. Je pourrais aussi évoquer la formation des auxiliaires de vie scolaire et les interventions que nous organisons à destination du grand public (journées de sensibilisation à la différence, journées d'étude sur les troubles dyspraxiques, etc.). Nous travaillons beaucoup avec les associations de famille. Nous mettons également en œuvre des réunions pluridisciplinaires autour de nos patients (2 à 4 participants peuvent y prendre part). Nous réalisons enfin des recherches systématiques de financement. C'est aussi le moyen pour toutes les familles d'accéder aux soins. L'idée étant aussi de faire évoluer la société dans la prise en charge des personnes dyspraxiques, nous avons à ce titre constitué un réseau de santé, Pluradys, dont je suis la cofondatrice. Ce réseau travaille sur les troubles des apprentissages et du développement. L'idée est de favoriser l'accès au diagnostic pour faciliter la prise en charge, raccourcir les délais, mettre en place des dispositifs de coordination, accompagner les familles dans la mise en place du suivi. L'agence régionale de santé (ARS) demande aussi que nous travaillions à améliorer la pratique des professionnels de santé par le biais de congrès ou de formations. Cela nous permet de pallier les différentes difficultés que nous pouvons être amenés à rencontrer dans l'exercice de nos fonctions, c'est-à-dire la difficulté de se regrouper, de se retrouver, d'échanger ou de dialoguer. Cela nous permet de

mettre en œuvre une coordination du suivi thérapeutique et d'améliorer également la pratique des professionnels de santé (libéraux et salariés). Nous avons fêté nos dix ans cette année et nous disposons d'un budget nous permettant de gérer 300 familles par an sur le seul territoire de la Bourgogne.

Un parcours de diagnostic a, en outre, été mis en place pour les adultes. Il s'adresse aussi aux adultes rencontrant des difficultés en termes de réorientation professionnelle ou de choix d'études, de difficultés dans la tenue de leur poste ou d'un emploi, et qui éprouvent le besoin d'un aménagement du poste de travail ou d'une reconnaissance de la qualité de travailleur handicapé (RQTH). S'agissant de ces dernières, elles sont ensuite transmises à la maison départementale des personnes handicapées (MDPH). Nous enregistrons peu de demandes d'adultes liées à des troubles praxiques. J'en évalue le nombre à une dizaine tout au plus par an. Une fois que le bilan a été établi, des difficultés peuvent survenir, notamment la réalisation des aménagements pour les concours et l'utilisation de l'informatique. Notez, par ailleurs, que ces demandes sont, financièrement, d'un accès plus difficile aux soins (moins de dossiers existants). Les choses demeurent compliquées quand les demandes concernent des jeunes adultes post-bac. L'Université de Bourgogne a créé un pôle « handicap » qui fonctionne bien et qui s'appuie sur des tuteurs qui prennent des notes et enregistrent les cours. Tous ces tuteurs sont rémunérés par l'Université. Dès que l'on sort du système universitaire, il est très difficile de voir les demandes prises en compte, notamment en termes d'équipements. Je ne peux rien vous dire d'autre à ce sujet car nous n'avons finalement qu'assez peu de dossiers d'adultes au cabinet.

Quant aux relations avec les autres professionnels de santé, elles sont nécessaires et indispensables tout simplement parce qu'un enfant n'est pas exclusivement suivi par un seul professionnel. Ces relations peuvent dépendre des professionnels de santé qui sont présents et du territoire sur lequel ils interviennent. Par exemple sur notre département, il y a assez peu de psychomotriciens libéraux qui travaillent directement sur les troubles des apprentissages car leur approche est plutôt liée à l'estime de soi, la réappropriation du corps, etc. Toutefois dans d'autres départements, l'approche diffère. Par exemple, en Saône-et-Loire, on trouve des psychomotriciens qui travaillent en lien avec les ergothérapeutes sur les troubles de l'apprentissage. Il me semble néanmoins que priorité sera systématiquement donnée, s'agissant de la rééducation du geste et du graphisme, des adaptations scolaires et des outils de compensation, aux ergothérapeutes.

Les relations avec toutes les personnes qui gravitent autour de l'enfant, notamment la médecine scolaire, sont également nécessaires. Le but de l'ergothérapeute est d'expliquer la raison l'amenant à déployer des

aménagements et des adaptations grâce auxquels il sera possible aux enfants atteints de troubles praxiques, comme tout un chacun, de suivre ses apprentissages (« apprendre à faire pareil mais autrement ») et de bénéficier d'aménagement de leurs supports. L'ergothérapeute a aussi pour mission d'apporter des conseils dans les adaptations à proposer et de suivre la mise en œuvre des aménagements en cours. Le rôle de l'ergothérapeute est donc central en ceci qu'il est un professionnel au carrefour entre l'éducation et la santé.

Ce n'est toutefois pas seulement la médecine scolaire, mais aussi la famille qui est concernée puisque l'ergothérapeute peut permettre une meilleure autonomie dans la vie quotidienne, un temps des devoirs plus serein ou encore aider la « gouvernance » familiale. Pendant les périodes de vacances scolaires, nous mettons en œuvre des prises en charge à la maison. Cela permet de « guider » les familles. L'ergothérapeute ne conseille pas seulement la famille, il conseille aussi les professionnels des loisirs. Il est possible de mettre en place une adaptation pour les activités sportives ou artistiques. L'ergothérapeute peut ainsi conseiller un professeur de basket pour qu'il simplifie l'environnement spatial dans lequel l'enfant atteint de troubles dyspraxiques évoluera. Les adaptations peuvent aussi concerner la musique, notamment quand l'enfant ne parvient pas à lire correctement les portées. L'idée n'est pas d'empêcher un enfant d'exercer une activité, mais plutôt de lui permettre de l'exercer malgré le fait qu'il soit dyspraxique. Sa dyspraxie ne doit pas être un obstacle à l'exercice de ces activités, quelles qu'elles soient.

L'accompagnement en ergothérapie

Les interventions

Évoquons à présent l'accompagnement en ergothérapie. Il se traduit par des stratégies cognitives de type *top-down* (verbalisation, séquençage, etc.) ou par des approches de type *bottom-up*. L'orientation vers l'une ou l'autre de ces approches dépend de l'intensité de la difficulté et de l'urgence de la scolarisation, mais en pratique, nous avons souvent besoin des 2 approches. L'approche *top-down* permet souvent des résultats concrets plus rapides sur les activités vues, mais certaines sous-compétences spécifiques (comme les mouvements dissociés des doigts par exemple) doivent être travaillées pour y parvenir. Le choix de l'approche peut aussi se faire en fonction de l'âge de l'enfant et de la façon dont la famille se projette dans la rééducation : certains parents ne portent pas d'attention à la maladresse originelle d'un enfant ou à son manque d'autonomie dans la vie quotidienne et ne jugent ainsi pas opportun de travailler sur ces points, du moins au début.

En la matière, je voudrais insister sur la place de la rééducation « motrice », l'ergothérapeute ne s'occupant pas uniquement des adaptations. Évoquons également l'intégration sensorielle ou encore la rééducation multi-sensorielle du graphisme (type ABC Boum par exemple), qui permettent d'intégrer et d'utiliser l'ensemble des sens pour favoriser les apprentissages chez les enfants dys. Insistons également sur le rôle des adaptations et des compensations, notamment l'adaptation visuelle à la lecture ou de l'espace de travail lui-même, c'est-à-dire la table de travail. Le but est toujours de personnaliser. Le rôle de l'ergothérapeute est aussi d'expliquer pourquoi l'enfant a échoué dans son exercice et de remédier à cet échec. Il y a encore quelques années, les ergothérapeutes étaient pratiquement les seuls à proposer ce travail de rééducation multi-sensorielle. Il tend aujourd'hui à se développer. La priorité est de personnaliser les adaptations à l'enfant car il existe une multiplicité de possibilités (et non de prendre des solutions toutes faites sur Internet par exemple).

Concernant la remédiation de l'écriture, tout dépend de si l'on privilégie la compensation ou la rééducation et de l'âge de l'enfant. S'il a besoin d'une compensation, il sera toujours indispensable de prévoir une trace écrite. Nous n'avons en revanche pas de méthode standardisée en la matière. L'approche sera fonction du besoin comme du profil de l'enfant. Possibilité doit être donnée à l'enfant de permettre une trace écrite. Reste à savoir quelle forme elle prendra. On demande également aux enfants de travailler à la maison mais au travers d'activités ludiques. Il ne s'agit jamais de lignes d'écriture.

Comme indiqué précédemment, l'ergothérapeute ciblera son intervention sur les activités importantes pour l'enfant et sa famille. Ainsi, c'est le professionnel de santé indispensable pour trouver des solutions également pour les différents actes de la vie quotidienne et de loisirs.

L'accès aux soins

Je voudrais insister sur le fait que l'accès à ces soins ergothérapiques est aujourd'hui encore un long parcours administratif. On distingue deux grandes orientations. Soit l'enfant bénéficie déjà ou va bénéficier d'une reconnaissance de handicap auprès de la MDPH/maison de l'autonomie, soit il ne bénéficie pas de ce type de reconnaissance.

S'il bénéficie déjà d'une reconnaissance de handicap, le financement passe par l'AAEH (allocation d'éducation de l'enfant handicapé) et des diverses catégories qui lui sont associées en fonction des frais engagés par la famille. Jusqu'à présent ce dispositif fonctionnait plutôt bien. Cependant, la récente

arrivée de nouveaux protocoles (plan d'accompagnement personnalisé, PAP) a fait évoluer la situation. En effet, à partir du moment où il y a un diagnostic de dyspraxie d'intensité légère ou modérée (mais sans troubles neurologiques associés), on constate un refus de mise en place de projet personnalisé de scolarisation (PPS) ou de reconnaissance de handicap (et donc d'ouverture de droits financiers pour aider les familles à régler les soins). On considère qu'une adaptation scolaire est suffisante, ce qui ferme la porte à un certain nombre de dispositifs de rééducation mais surtout à cette coordination si indispensable pour ces enfants entre le milieu de l'éducation et le milieu de la santé. Pour les adultes, le dispositif mis en œuvre par l'intermédiaire de la MDPH est la prestation de compensation du handicap (PCH), qui permet d'avoir une aide très partielle pour les soins en ergothérapie.

Mais s'il n'y a pas de reconnaissance du handicap car les difficultés ne sont pas jugées assez importantes, alors un parcours spécifique doit être mis en œuvre pour trouver les fonds. Il implique successivement la sécurité sociale, la mutuelle et la caisse de retraite complémentaire. Le parcours peut varier selon les régions ou les départements. La caisse primaire d'assurance maladie a un dossier de « prestations extra-légales », dans lesquelles la rééducation en ergothérapie peut être incluse. Les plafonds des revenus familiaux pour bénéficier de ce type d'aide sont différents selon les départements. Les autres sécurités sociales (MGEN, MSA, SNCF, etc.) ont également des dossiers d'aides spécifiques. Notez que la quasi-totalité des mutuelles – on en compte mille sur le territoire français – dispose d'un dispositif de financement des « soins coûteux ». Par soins coûteux, on entend ceux qui se font sur prescription médicale, mais qui ne sont pas pris en charge par la sécurité sociale. Les professionnels de santé doivent pré-remplir le dossier de financement et le transmettre aux familles. J'évoque enfin les caisses de retraite complémentaire parce qu'elles financent les soins de rééducation. Ce financement venant compléter ceux de la sécurité sociale et de la mutuelle est conditionné à la transmission de la réponse de la sécurité sociale et de la mutuelle. Certaines mutuelles ont des commissions qui se réunissent tous les mois, d'autres qui se réunissent tous les trois ou six mois. Il faut accompagner le patient pour élaborer le dossier et faire preuve de patience au regard de la fréquence de réunion des commissions. C'est également un temps important de travail pour l'ergothérapeute qui n'est pas rémunéré. Pour certaines familles, la charge mentale est relativement lourde, malgré l'accompagnement réalisé et elles finissent par abandonner la démarche qu'elles ont engagée. Les assurés ont cependant pris l'habitude du déremboursement sur ces dernières années. Dès lors, ils financent partiellement les séances de rééducation. L'ergothérapeute doit aussi savoir s'adapter à la situation de famille. Il s'en suit un parcours dont les objectifs vont être différents.

Les spécificités de la prise en charge psychomotrice dans la dyspraxie

Avril 2017

Grégory Faideau : psychomotricien en libéral à Versailles

Psychomotricien depuis 2007, j'ai commencé ma carrière dans un institut médico-éducatif auprès d'enfants polyhandicapés pendant deux ans avant de m'installer en cabinet libéral à Versailles en 2009. Dans ce cadre, je travaille principalement avec des enfants. Je suis également enseignant dans une école qui prépare aux concours paramédicaux et enseignant et coordinateur pédagogique au sein de l'Institut supérieur de rééducation psychomotrice (ISRP) qui forme les psychomotriciens. Dans cette communication, je souhaite partager mon expérience concernant les spécificités de la prise en charge psychomotrice dans la dyspraxie, expérience qui me semble assez représentative des pratiques observées en libéral.

Caractéristiques et comorbidités des patients

Environ deux tiers des patients reçus pour une dyspraxie/un trouble d'acquisition de la coordination/trouble développemental de la coordination ou une suspicion de cet ordre présentent des comorbidités.

La constellation des dys est une première comorbidité qui peut être observée : dyslexie, dysorthographe, dyscalculie, dysgraphie. Un certain nombre d'enfants présentent également des troubles spécifiques du langage oral ou un trouble spécifique du développement de la parole et du langage. Très souvent, les patients souffrant de troubles de la communication orale sur le versant expressif présentent également des troubles de la coordination.

Parmi les comorbidités, nous trouvons également un certain nombre de troubles déficitaires de l'attention avec ou sans hyperactivité. Dans ces cas, le lien entre les troubles n'est pas aisé : les troubles déficitaires de l'attention peuvent-ils être considérés comme une comorbidité des troubles de l'acquisition de coordination ou bien le trouble attentionnel est-il une conséquence de l'effort de compensation de l'enfant dyspraxique en situation d'apprentissage d'une tâche motrice ? Quelle que soit la réponse à cette question, nous observons que le fonctionnement en double tâche de ces patients est encore plus difficile.

En outre, les enfants précoces en situation de surdouance avec une dyssynchronie de développement qui consultent en psychomotricité révèlent fréquemment des troubles d'acquisition de coordination.

S'agissant des troubles de l'humeur et apparentés, nous retrouvons notamment des troubles anxieux avec des épisodes dépressifs. Les jeunes dyspraxiques s'aperçoivent assez tôt de leur handicap et du décalage existant avec leurs camarades. Nous pouvons dès lors nous demander si les troubles de l'humeur n'en sont pas une répercussion. Dans le même ordre d'idée, nous constatons parfois des troubles de comportement (trouble oppositionnel avec provocation, notamment).

Les troubles de la latéralité constituent également une situation de comorbidité qui vient aggraver l'acquisition de coordinations et notamment lorsque la latéralité est hétérogène entre œil et main ou main et pied. Cela peut être mis en lien avec un défaut ou un retard de maturation neurologique.

Enfin, le trouble de l'organisation spatio-temporelle, ou la difficulté à organiser le geste dans un espace orienté et structuré, est également une comorbidité qui peut être observée chez le dyspraxique.

Diagnostic – apports du bilan psychomoteur

Sur dix patients reçus au cabinet tous motifs de consultation confondus, trois ont un diagnostic de TDC posé, et il y a une suspicion ou un diagnostic en cours pour un patient. Je suis parfois confronté à des diagnostics tardifs quand l'enfant a pu compenser de manière autonome pendant plusieurs années.

Nous identifions deux niveaux qui augmentent la suspicion d'un TDC. Le premier niveau concerne la plainte du patient. Il s'agit le plus souvent de difficultés dans les apprentissages scolaires et/ou dans les gestes de la vie quotidienne. Le deuxième niveau concerne l'éviction des diagnostics différentiels : la plainte ne peut être expliquée par un trouble neuromusculaire (comme la myopathie) ou neuromoteur (comme la paralysie cérébrale) ou sensoriel.

En cas de suspicion, le bilan psychomoteur permet de confirmer ou non la dyspraxie et, le cas échéant, d'apporter un éclairage sur le type de dyspraxie et de TDC. La progression logique consiste à mettre en lumière plusieurs éléments. Tout d'abord, les troubles du développement moteur : retard d'acquisition dans les postures assises ou la marche, maladresses dans les jeux de balles, blessures à répétition, difficultés d'apprentissage moteur (vélo, natation, trottinette, etc.). Par la suite, l'identification d'éventuels troubles de

l'apprentissage scolaire (graphisme et mathématique, notamment) participe également à l'établissement du diagnostic.

Dans un premier temps, on propose une série de questionnaires type QTAC (Questionnaire sur le trouble de l'acquisition de la coordination) ou DCD-Q (*Developmental Coordination Disorder Questionnaire*) ou celui de la MABC-2 (*Batterie d'évaluation du mouvement chez l'enfant* – seconde édition) aux parents ou aux proches du patient. Dans ma pratique, j'utilise seulement le QTAC : je propose ainsi aux parents de remplir ce questionnaire sur lequel je vais pouvoir m'appuyer pour orienter mes épreuves de bilan. L'objectif est de comparer les acquisitions de leur enfant avec un enfant qui aurait le même âge et qui ne présenterait pas de troubles. Le parent évalue 3 items : le contrôle durant le mouvement, la motricité, l'écriture et les coordinations globales. Quinze items sont proposés, chacun devant être noté de 1 à 5. La note totale indique ou non une suspicion de TDC en fonction de l'âge du patient.

Concernant les autres outils que j'utilise pour évaluer le mouvement, citons la MABC-2 et les facteurs du Lincoln-Oseretsky. Je m'appuie davantage sur la MABC-2, que l'on retrouve plus souvent dans la littérature scientifique et qui me semble plus fiable. L'idée est de mesurer le déficit des gestes à apprentissage explicite.

La 1^{re} étape du bilan est dite « sur le produit » (mesure avec des tests étalonnés et reconnus pour mettre en évidence le TDC). Je m'appuie souvent sur la MABC-2 et le BHK car le graphisme est touché chez la plupart des enfants présentant des troubles d'acquisition de la coordination. Or, l'étude de l'écriture ne fait pas partie des batteries d'évaluation des coordinations.

La 2^e partie du bilan est dite « sur le processus » avec d'autres tests et épreuves complémentaires qui sont recommandés. Ces tests permettent d'évaluer le tonus de fond, d'action et postural (avec notamment les épreuves d'extensibilité et de ballant, de poussées), la latéralité (homogène, hétérogène, concordante ou non), les praxies gestuelles (j'utilise de manière préférentielle l'EMG¹⁰³), les praxies constructives (test des bâtonnets, épreuve des cubes), les fonctions exécutives (en utilisant des épreuves telles que le test de la tour de la Nepsy 1, ou des épreuves d'attention comme le test d'attention concentrée D2) et les aptitudes visuo-perceptives de la Nepsy 2.

Bien qu'il existe un certain nombre de critères objectifs pour établir nos conclusions (par exemple, l'âge à partir duquel certains types de syncinésies ne doivent pas se trouver), nous manquons toutefois d'épreuves normées

103. Échelle d'évaluation de la motricitégnosopraxique.

pour avoir des critères plus fiables. C'est le cas par exemple pour les épreuves concernant le tonus de fond.

J'essaie de me consacrer au maximum à des tests spécifiques concernant la psychomotricité. Sur les aspects neuropsychologiques, j'utilise parfois la Nepsy, mais tente de la réserver aux neuropsychologues qui me reprochent parfois d'utiliser des tests dont ils se servent également. Pourtant, c'est une batterie vendue aux psychomotriciens et l'étude des fonctions sensorimotrices, du traitement visuo-spatial et des fonctions attentionnelles fait bien partie de nos compétences.

Afin de ne pas réaliser des tests que le patient aurait déjà passés avec d'autres professionnels, je lui demande de me prévenir s'il a déjà effectué l'activité que je lui propose.

Je m'interdis en revanche de me mettre en relation avec les autres professionnels avant la prise en charge. Je souhaite en effet confronter mon idée et mon diagnostic avec une autre approche sans être influencé au préalable. À partir de mes résultats, j'établis un bilan qui fait état des différents symptômes relevés (parfois bien au-delà de la plainte) et je laisse le soin au médecin, idéalement le médecin référent, d'établir le diagnostic. Je ne dis jamais à une famille : « Votre enfant est dyspraxique. » Dès lors qu'il n'y a pas eu de diagnostic et que j'ai une forte suspicion, je recommande un médecin pour objectiver les résultats.

Si le patient présente des comorbidités, le médecin est seul habilité à décider de l'utilité de réaliser ou non un bilan complémentaire, ce n'est pas à moi d'orienter le patient pour cela. Cependant, il n'est pas rare que, dans mes recommandations, je conseille la réalisation de bilans complémentaires, type orthoptie entre autres. Le médecin prescripteur décidera alors si des bilans complémentaires sont nécessaires.

J'essaie, en dernière instance, de conseiller un centre de référence lorsqu'il est nécessaire d'objectiver le diagnostic dans des situations dites complexes. Il peut s'agir de comorbidités trop importantes pour établir le diagnostic, ou encore d'une forte résistance à la rééducation voire même d'une aggravation de la situation avec l'apparition d'autres troubles.

Expériences de prise en charge

Quelques clés de réussite se dégagent de mon expérience en cabinet.

Il apparaît très important d'essayer autant que possible de fixer des objectifs thérapeutiques qui répondent à la plainte psychomotrice. L'expérience

montre qu'il est contre-productif de vouloir tout rééduquer en même temps. Les apprentissages seront au contraire souvent plus rapides lorsque l'on se donne le temps d'attendre. Cela revient à augmenter le temps d'exposition à certains apprentissages moteur et à compenser d'autres difficultés. Les patients sont des enfants qui mettent plus de temps à intégrer un mouvement, il m'arrive donc régulièrement de demander de reprendre au domicile les mouvements travaillés en cabinet. Je mets notamment à disposition un cahier d'écriture qui fait le lien entre travail au cabinet et au domicile. Concernant les aspects moteurs, je peux aussi proposer un listing de jeux ciblés en fonction du profil de l'enfant (Twister, applications sur tablette, etc.).

Une rééducation progressive sur le long terme est préférable à une rééducation très intense sur un nombre réduit de séances. En général, je propose des séances en individuel de 45 minutes à 1 heure, une fois par semaine. J'aimerais parfois pouvoir en faire davantage (2 séances hebdomadaires d'une demi-heure), mais il est primordial de ne pas prendre le risque de dégoûter le patient de la rééducation. Il s'agit pour lui d'un investissement moral et physique, et pour ses parents (lorsqu'il s'agit d'un enfant) d'un coût non négligeable.

La durée de la prise en charge est très variable ; elle peut aller jusqu'à deux ou trois ans. L'idée est de déterminer des objectifs à court terme et long terme en fonction du type de dyspraxie. Lorsque les objectifs sont atteints, le patient et sa famille sont informés et je suggère d'établir de nouveaux objectifs. L'expérience montre que lorsque l'enfant parvient à atteindre un objectif, lui et ses parents sont très souvent disposés à fixer un nouveau défi. Les critères d'arrêt principaux sont d'une part l'impression d'avoir utilisé toutes mes cartes et l'arrêt de la progression et d'autre part le comportement du patient qui traduit un ennui manifeste (décrochage motivationnel, absentéisme fréquent, etc.). Je souhaiterais faire systématiquement une réévaluation à l'arrêt de la prise en charge et/ou quelques mois plus tard mais je n'ai jamais essayé de le proposer. C'est délicat à justifier en libéral pour des raisons financières et je ne suis pas certain que les patients apprécieraient. J'essaye en revanche de faire une réévaluation au cours de la rééducation.

Afin que les soins fonctionnent, il est nécessaire de contextualiser l'approche pour favoriser la généralisation de l'apprentissage dans tous les environnements et pour donner du sens à l'apprentissage moteur. Il s'agit, par exemple, de travailler sur la graphie d'une lettre, puis de la replacer dans un mot entier, puis dans une phrase, tout en s'imaginant l'écrire le jour de la dictée dans l'environnement scolaire. Ou alors de travailler sur le saut à pieds joints dans la salle de psychomotricité avec pour objectif de s'y entraîner à nouveau dans la cours de récréation ou dans son jardin.

Pour la prise en charge, deux types d'approches peuvent être utilisées : l'approche *bottom-up* et l'approche *top-down*. Dans le premier cas, la prise en charge est centrée sur le déficit et vise à restaurer les fonctions altérées. Malheureusement, elle n'a pas réellement démontré un apport suffisant pour les enfants souffrant de troubles de la coordination. Dans les soins psychomoteurs, on préférera l'approche *top-down*, qui consiste à se concentrer sur la performance et à favoriser l'activité. J'utilise notamment des méthodes de résolutions de problèmes. Il s'agit de questionner le patient sur la tâche à réaliser dans le but de la structurer en plusieurs étapes afin qu'il puisse identifier et corriger la ou les étapes défaillantes suite à son exécution. C'est par l'expérimentation successive de la tâche que le programme moteur gagnera en efficacité. J'utilise également des approches de type imagerie motrice et ce dès l'âge de 5 ans. Dans ce cas, on cherche à augmenter les capacités de représentation mentale du mouvement chez le sujet. Par exemple, on invite le patient à revivre le mouvement qui vient d'être expérimenté mais, cette fois-ci, sans mouvement, les yeux fermés, tout en respectant la même posture de départ et la durée nécessaire au mouvement.

Pour la prise en charge des troubles de l'écriture, la thérapie est ciblée en fonction des cas. Il s'agit principalement d'exercices qui ciblent la motricité fine (apprentissage moteur, outils de stimulation, apprentissage du lettrage, etc.). À propos de la tenue du stylo, un travail de la tenue de l'outil scripteur en pince tridigitale me paraît réellement nécessaire lorsque la mobilité articulaire est entravée ou qu'elle génère des douleurs ou des crampes. La rééducation du geste graphique ne peut marcher que si elle est associée à d'autres outils et nécessite notamment d'avoir l'accord de l'enseignant pour soulager un peu le patient, en procédant davantage à des évaluations à l'oral par exemple. Si, à l'issue de 10 ou 15 séances, le BHK est toujours déficitaire et que les améliorations sont insuffisantes, je propose un relai en ergothérapie pour passer au clavier.

Concernant le traitement des comorbidités, il est nécessaire de prendre en compte les autres signes dans le projet thérapeutique. L'idée est de limiter autant que possible l'impact de la dyspraxie sur les autres fonctions psychomotrices (schéma corporel, organisation spatiale, etc.). Pour ce faire, j'utilise des médiations ou des outils adaptés dans les deux cas, lorsque cela est possible. Par exemple, pour un patient présentant une dyspraxie et un trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité, j'essaie d'utiliser des méthodes hybrides agissant sur ces deux troubles (par exemple les méthodes d'auto-instruction type soliloque). En outre, dans le cas de troubles de l'humeur, passer par des techniques de type relaxation vient en soutien de la rééducation.

De manière générale, je suis satisfait des techniques que j'utilise désormais. Les plus satisfaits sont les patients : ils constatent qu'ils sont entrés dans une boucle vertueuse avec notamment la facilitation de l'apprentissage moteur ou l'amélioration de la vitesse d'automatisation. Dans certains cas, j'ai l'impression que la thérapie ne fonctionne pas ou peu, alors que le vécu du patient est positif. Les soins peuvent le rendre plus à l'aise avec son corps sans que cela ne se traduise par des résultats concrets lors des séances ou même objectivables avec un test étalonné. L'exemple type est celui de l'enfant qui voit sa douleur diminuer lorsqu'il est dans un geste d'écriture alors que la qualité et/ou la vitesse graphiques n'ont, pour le moment, pas encore augmenté.

Travail en réseau

Le maintien de la confiance au sein de la triade professionnel, patient et famille est essentiel. Il m'arrive fréquemment de donner des conseils aux parents pour favoriser l'autonomie dans la vie quotidienne (habillage, brossage de dents, lacets des chaussures, etc.) alors même que la rééducation peut porter sur d'autres activités. En outre, je suis régulièrement amené à suggérer aux familles qui sont dans le besoin de se rapprocher du monde associatif.

Par ailleurs, le psychomotricien a un rôle d'échange et de partenariat avec les institutions qui orientent des patients pour leur faire bénéficier de techniques de rééducation. S'agissant de l'environnement scolaire, le rôle du praticien est majeur : il veille à former les équipes pédagogiques, cherche à faire partie intégrante des projets éducatifs, et à représenter le patient, ses particularités et les outils de compensation qui fonctionnent. Dans cet objectif, je me rapproche des enseignants référents et tente de participer aux réunions pédagogiques pour aider à formaliser le projet personnalisé de scolarisation (PPS). J'interviens en maternelle (principalement en grande section), en élémentaire (majoritairement en CP, CE1 et CE2) et même au collège (en grande partie pour des difficultés visuo-spatiales et logico-mathématiques). Le plus souvent, nous sommes bienvenus et appréciés des unités pédagogiques qui sont en demande de soutien et d'aide. Parfois, c'est moins évident, certains enseignants référents ne se souciant guère de savoir si l'ensemble des partenaires est disponible pour les réunions pédagogiques. Lorsqu'il ne m'est pas possible d'assister à ces rencontres, je fais en sorte d'être disponible pour échanger téléphoniquement et par mail avec les enseignants demandeurs en veillant toutefois à ne pas m'immiscer de manière trop intrusive. Le changement de classe pose quelques problèmes car nous sommes obligés de réexpliquer les mêmes choses à chaque changement de

niveau. J'insiste souvent pour que les enseignants de la section suivante soient présents lors de la réunion de fin d'année, la plupart du temps en vain. J'ai aussi rencontré quelques rares cas d'enseignants qui occultent le problème derrière des aspects motivationnels (« il est capable, je l'ai vu ! »). Certains enseignants se plaignent aussi de devoir mobiliser beaucoup de temps pour un seul élève, au détriment de ses camarades. En cas de difficultés, il m'arrive de proposer aux enseignants de se tourner vers le monde associatif.

Enfin, s'agissant des relations avec les professionnels de santé, il m'arrive de demander des bilans complémentaires (notamment orthoptique) pour objectiver les difficultés. Je suis également amené à solliciter des bilans ergothérapeutiques, orthophoniques, et neuropsychologiques pour évaluer l'intégrité du QI. Pour la prise en charge, je peux être amené à suggérer au patient et à sa famille qu'un suivi orthoptique ou ergothérapeutique pourrait être nécessaire, mais je préfère quand même attendre que le médecin le fasse. Sinon, je n'ai eu que très rarement des cas de double prise en charge graphomotricité et psychomotricité. C'est la plupart du temps soit l'un soit l'autre, souvent le graphothérapeute renvoie vers le psychomotricien lorsque la thérapie a été un échec.

Au sein du cabinet qui réunit des psychologues, psychomotriciens, orthophonistes et bientôt un ergothérapeute, nous nous réunissons à peu près tous les mois et demi, afin d'aborder des thèmes spécifiques (outil de rééducation, logiciel, etc.) mais il peut être gênant de proposer aux familles de consulter d'autres praticiens, d'autant plus s'ils sont du même cabinet (suspicion de surconsommation).

Principales difficultés rencontrées

De nombreuses difficultés sont à signaler.

En premier lieu, nous manquons de publications scientifiques et de consensus sur la clinique. La théorie et les outils de rééducation ne permettent pas toujours de guider efficacement les professionnels de santé. Il est évident que les psychomotriciens ont besoin d'écrire davantage, notamment pour faire reconnaître leurs spécificités.

La grande hétérogénéité des symptômes est également une difficulté majeure à laquelle le praticien doit faire face. Chaque cas est très singulier, et la rééducation se veut par conséquent elle-même singulière.

Une autre difficulté à laquelle est confronté le psychomotricien concerne la rééducation du geste graphique : faut-il considérer l'écriture comme un

moyen ou comme un but ? Mon expérience montre que la rééducation du geste graphique fonctionne assez bien. J'estime qu'il est dommage de passer tout de suite par une mise au clavier avant même d'avoir essayé une rééducation. Lorsque celle-ci se solde par un échec, je demande de réaliser des bilans d'évolution.

En outre, les difficultés liées au financement de la rééducation et la lourdeur des délais administratifs posent des problèmes majeurs. Pour indication, les tarifs que je pratique s'élèvent à 150

pour un bilan. Celui-ci est réalisé en deux séances : une première de 2 heures 15 (avec 30 à 45 minutes d'entretien puis un examen du patient), suivie d'une seconde de 45 minutes. Le coût d'une séance classique est de 50 euros.

La plupart des familles prennent en charge le financement. Certaines arrivent à obtenir un financement de la sécurité sociale, mais cela relève du parcours du combattant. Les mutuelles commencent petit à petit à compenser une partie du reste à charge pour les familles mais les plafonds sont encore très rapidement atteints. L'écart reste très important entre ce qui est remboursé et ce qui est nécessaire en termes de soins. Cela explique notamment l'absence d'évaluation à la fin de la prise en charge et le frein à une véritable pluridisciplinarité.

En outre, le parcours de soin est souvent long et difficile pour les familles. Les familles se plaignent d'ailleurs souvent de ne pas avoir été bien orientées par le médecin de proximité. Les professionnels sont régulièrement sous-formés (y compris les médecins de proximité) tandis que d'autres exercent le métier de « rééducateur » sans en avoir le droit : kinésologue et graphothérapeutes, notamment. Le recours à ces disciplines peut retarder le diagnostic. Certaines familles mènent les combats de front et parviennent à organiser le parcours de soin eux-mêmes. Pour d'autres, au contraire, il s'avère nécessaire de relancer une consultation auprès du médecin prescripteur.

L'évaluation des handicaps liés à la dyspraxie ou trouble développemental de la coordination à la MDPH de Seine-et-Marne

Juin 2017

Pascale Gilbert : médecin coordonnateur de la MDPH de Seine-et-Marne

Je suis le médecin coordonnateur de la maison départementale des personnes handicapées (MDPH) de Seine-et-Marne. Auparavant j'étais médecin expert

à la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie (CNSA). J'ai prévu aujourd'hui de vous livrer le point de vue d'une MDPH, en l'occurrence celle de Seine-et-Marne. Dans un premier temps, je vous décrirai le contexte départemental dans lequel nous évoluons, avant de vous livrer notre expérience en matière d'évaluation de prise en charge des troubles dyspraxiques.

Les spécificités de la Seine-et-Marne

La Seine-et-Marne est le plus grand des départements d'Île-de-France en superficie, ce qui rend les déplacements difficiles. Elle compte plus d'un million d'habitants. Traverser le département par la Francilienne prend trois heures et vous expose inéluctablement à un certain nombre de difficultés de circulation (engorgements, ralentissements, bouchons). Ce département d'Île-de-France est aussi le moins bien doté en ressources sanitaires alors que les territoires franciliens sont usuellement les mieux pourvus en la matière. La Seine-et-Marne est à l'inverse un des départements les mieux dotés en ressources médico-sociales en Île-de-France. Il n'a donc pas connu beaucoup de créations de nouvelles structures durant les années passées, bien que son taux d'équipement atteigne tout juste la moyenne nationale. Cette meilleure dotation en ressources médico-sociales du département de Seine-et-Marne rend ce territoire historiquement très attractif pour la capitale qui y a jusqu'alors volontiers envoyé ses personnes âgées et personnes handicapées. Par ailleurs, la croissance démographique y est importante, notamment pour les familles qui peuvent se loger plus aisément qu'au centre de la région, l'immobilier y étant tout à fait abordable. Ce facteur immobilier a également joué un rôle dans le déploiement de l'offre médico-sociale ces 20 ou 30 dernières années.

Notre MDPH est excentrée et centralisée à la fois : son maillage territorial est relativement limité pour l'instant. Le siège de la MDPH a été installé à Savigny-le-Temple (agglomération nouvelle de Sénart). Nous ne sommes pas très accessibles sur le plan territorial. Nous agissons beaucoup par courrier et par courriel. Nous n'agissons pratiquement pas de visu du fait de notre localisation. Nous profitons, par ailleurs, d'une solide tradition d'aménagements et d'adaptations pédagogiques mis en œuvre activement par l'Éducation nationale depuis des années. Avant l'apparition des PAP (plans d'accompagnement personnalisés), des PPTSA (projets personnalisés des troubles spécifiques des apprentissages) existaient depuis un certain nombre d'années sur le territoire de la Seine-et-Marne suite à des initiatives locales. Évoquons enfin une représentativité associative très active y compris au sein de la MDPH. La présidente d'une de ces associations est une des

vice-présidentes de la CDAPH (commission des droits et de l'autonomie des personnes handicapées). Comme nous y oblige la loi sur le handicap de 2005, notre MDPH de Seine-et-Marne s'est dotée d'une équipe pluridisciplinaire. Cette équipe est hébergée au sein d'un service de la MDPH, le service Évaluation et orientation, qui regroupe une cinquantaine de professionnels de disciplines variées. Dans la mesure où nous disposons de peu de relais extérieurs, nous assurons pratiquement la totalité de la mission d'évaluation au sein de la MDPH. J'en profite pour dire que nous traitons 30 000 dossiers par an, c'est-à-dire une moyenne de 150 dossiers par jour. Comme vous pouvez l'imaginer, cela représente un volume de travail considérable. La plupart des MDPH s'appuient sur des ressources externes pour assurer la mission d'évaluation. De ce point de vue, la nôtre est relativement atypique. Du fait de sa situation, elle priorise l'échange de documents et de contacts avec les partenaires considérant que ces échanges avec eux sont primordiaux. Il faut savoir que ces échanges ne se font pas à l'insu des familles. Nous disposons d'un document, l'« autorisation de communication », qui va d'ailleurs progressivement disparaître avec la mise en place du nouveau formulaire publié en mai 2017. Les familles auront avec ce nouveau formulaire la possibilité en cochant une simple case d'autoriser la MDPH à échanger avec les professionnels qui assurent le suivi de la personne en situation de handicap et ainsi permettre à ces professionnels de contribuer à l'évaluation afin d'éviter la redondance des investigations. Selon les situations, les parents n'acceptent pas forcément de donner leur accord. Nous sommes parfois obligés de le demander aux familles en cours d'évaluation si elles ne l'ont pas au préalable fait spontanément. Cet accord est un incontournable et nous le rappelons à notre équipe pluridisciplinaire, aux professionnels de terrain avec qui nous travaillons ainsi qu'aux familles.

L'évaluation au sein de la MDPH

Notre outil national est le GEVA, le « guide d'évaluation des besoins de compensation des personnes handicapées », référence légale depuis le décret du 6 février 2008. Nous disposerons sous peu d'une version informatisée. Nous sommes également destinataires des GEVA-Sco, supports d'évaluation désormais réglementaires qui sont systématiquement fournis à l'appui des demandes en lien avec la scolarisation. Ils fournissent des éléments précieux sur la manière dont les jeunes accèdent aux apprentissages, acquièrent l'autonomie, fonctionnent dans le cadre des activités en milieu scolaire et sont la plupart du temps enrichis de productions de l'élève si besoin. Pour l'évaluation de ces dimensions, nous nous appuyons sur sept enseignants en interne, membres de l'équipe pluridisciplinaire. Certains sont mis à disposition par

l'Éducation nationale quand d'autres sont rémunérés par notre MDPH. Des renforts volontaires nous aident notamment pour faire face à la rentrée scolaire, qui est une période de très forte charge. Le travail d'évaluation, s'appuyant sur des documents de diverses provenances, nécessite de synthétiser les informations issues des GEVA-Sco, des bilans des professionnels médicaux, paramédicaux, éducatifs, du champ psychologique, etc. Pour cela, nous essayons d'établir un faisceau d'indices à partir des différents éléments à notre disposition. Si l'ergothérapeute établit un bilan décrivant très précisément les troubles dyspraxiques et les difficultés rencontrées par l'enfant à l'école, mais que rien n'est indiqué dans les documents provenant du milieu scolaire, alors nous devons en tenir compte, notamment pour élaborer des propositions de réponses adaptées aux besoins du jeune. En cas de discordance, nous tâchons de compléter l'évaluation et le cas échéant de recevoir les familles pour prendre alors la mesure des situations.

Évoquons à présent les dossiers de demande de compensation du handicap (DDCH). À partir du moment où la question de la scolarisation se pose, nous prévoyons alors de façon systématique l'intervention d'un enseignant dans la démarche d'évaluation. Je me félicite de constater que cette règle a ensuite été transposée à l'échelon national. Les dossiers sont alors traités par un binôme, voire un trinôme de membres de l'équipe pluridisciplinaire, composé donc d'un enseignant, et en général d'un médecin et/ou d'un psychologue. Certains jeunes sont reçus par ces professionnels à la MDPH. Toutefois dans la plupart des cas, nous travaillons principalement sur dossier. Nous pouvons, le cas échéant, être amenés à solliciter l'avis de nos ergothérapeutes concernant les matériels pédagogiques adaptés qui sont mis à la disposition des enfants. Précisons enfin que le guide produit sur les troubles des apprentissages par la CNSA à destination des professionnels de l'évaluation a été diffusé en interne pour les aider à mieux évaluer ces troubles dyspraxiques, mais son appropriation est probablement inégale et je n'ai pas à ce jour de retour sur sa prise en compte au sein de l'équipe. Nous effectuons fréquemment des échanges de pratiques à la MDPH mais il n'y a pour l'instant pas eu de travail spécifique sur la dyspraxie au sein de l'équipe.

Je voudrais à présent évoquer les attentes de l'équipe pluridisciplinaire. Précisons tout d'abord que la démarche diagnostique est en général correctement menée, même si, compte tenu de l'attente dans les centres de référence et de la « pauvreté » du département en ressources sanitaires spécialisées, il reste compliqué en Seine-et-Marne d'obtenir des bilans ainsi que des comptes-rendus suffisamment étayés et informatifs et une démarche suffisamment coordonnée. Cela concerne également les professionnels libéraux de Seine-et-Marne, que ce soient les ergothérapeutes, les psychomotriciens,

voire les orthophonistes. Il faut compter, en Seine-et-Marne, au moins entre trois et six mois pour obtenir un rendez-vous auprès de tels professionnels. Cela étant dit, des bilans ergothérapeutiques ou en psychomotricité sont exigés pour les demandes de financement de rééducations ou demandes de matériel pédagogique adapté. Plus les dossiers sont étayés, plus nous disposons d'informations complètes et de qualité, ce qui évite ensuite la survenue de problèmes. C'est pourquoi malgré la lourdeur que peut représenter la constitution des dossiers pour des familles ou même des professionnels, cela est extrêmement important. Je vous rappelle que les fonds dont nous disposons sont des fonds publics et que nous évoluons de fait dans un environnement très contraint. À nous donc de savoir prendre un minimum de précaution. Mais compte tenu de la pauvreté des ressources sanitaires en Seine-et-Marne, je n'attends pas forcément l'avis du neuropédiatre. Un ergothérapeute qui a suivi un enfant pendant un à deux ans est capable de nous dire où celui-ci en est. C'est dans le bilan de l'ergothérapeute que je vais trouver des éléments sur la façon dont l'enfant fonctionne et réagit par rapport à un certain nombre d'environnements. Le bilan de l'ergothérapeute a une très grande utilité de ce point de vue. Il en est de même du bilan que peut établir l'orthophoniste ou le psychomotricien.

Je voudrais aussi souligner notre disponibilité, lorsque l'enfant est petit, à financer des rééducations dès lors qu'il y a une prescription, même si nous préférierions qu'une véritable démarche diagnostique soit engagée et que ce financement intervienne au travers du parcours de soin des enfants atteints de troubles dyspraxiques. Il en va de l'évolution de l'enfant. Je vous avoue en revanche que nous sommes plutôt réservés face à une association ergothérapeute-psychomotricien, en raison des interrogations que cela peut soulever sur une éventuelle redondance qui serait préjudiciable à l'enfant. S'il existe des objectifs de rééducation très précis, nous ne nous posons pas la question et nous agissons. Par exemple, si l'enfant a été vu par un neuropédiatre qui insiste sur la nécessité d'associer le psychomotricien sur un certain nombre de thèmes et l'ergothérapeute pour mettre en place le clavier à très brève échéance car il en a besoin, alors je me saisis du sujet. L'enfant peut être très réactif sur le plan cognitif, mais être entravé sur le plan « moteur ». Nous suivons évidemment les préconisations à condition qu'elles soient étayées. S'il n'existe pas de tels objectifs et si le flou prédomine, alors nous serons relativement réticents. En cas de financement, nous exigeons ensuite de revoir le dossier à l'échéance de la période de rééducation avec un bilan de l'ergothérapeute et/ou du psychomotricien. Cela nous permet de savoir que le financement qui est octroyé ne l'est pas en vain. Nous avons en effet été alertés par des professionnels libéraux sur des situations relativement fréquentes où les familles, après avoir obtenu un rendez-vous de bilan et un

devis en vue du dossier MDPH, ne reviennent pas pour effectuer la rééducation. La fréquence de révision des dossiers dépend des problématiques et peut varier d'une situation à l'autre au sein de notre MDPH mais aussi d'une MDPH à l'autre. Si c'est uniquement du matériel pédagogique adapté qui a été octroyé, il est alors probable que l'échéance sera plus longue. De même, à l'adolescence, lorsque l'enfant n'a plus besoin d'une prise en charge spécifique par un ergothérapeute mais de matériels adaptés, l'antériorité du dossier est suffisante, un nouveau bilan n'est pas exigé.

Sachez que notre MDPH édite assez peu de projets personnalisés de scolarisation (PPS) pour des raisons essentiellement matérielles : nous ne disposons pas des moyens suffisants nous permettant de les effectuer de manière systématique. Toutefois, pour la mise en place d'aménagements pédagogiques, nous pouvons nous appuyer sur une ressource dédiée au sein de l'Éducation nationale. Il s'agit de professionnels dénommés enseignants-ressources (2 ou 3 sur le département) venant en appui à leurs collègues de terrain pour les adaptations pédagogiques nécessaires à l'accès aux apprentissages des jeunes atteints de troubles DYS en général (pas de professionnels spécifiquement dédiés aux dyspraxiques). Les ergothérapeutes qui suivent les enfants formulent en général un certain nombre de recommandations sur les aménagements pédagogiques et la façon d'aborder un certain nombre de tâches. Les enseignants ont pour consigne de suivre ces recommandations et j'ai le sentiment que dans notre département ils sont d'ordinaire disposés à entendre ces recommandations et à intégrer ces préconisations. Dans le cadre du suivi de la scolarisation, ils échangent avec ces professionnels même s'ils ne peuvent pas accéder aux bilans. L'approche ne se fera ainsi pas par le biais des troubles dyspraxiques, mais par le biais des besoins en adaptation pédagogique. Les enseignants, faisant le constat de la difficulté de l'enfant à s'adapter à son environnement scolaire, utilisent une entrée pédagogique différente pour lui permettre d'accéder aux apprentissages. Il est finalement assez peu fréquent que la MDPH soit elle-même sollicitée pour « appuyer » une demande d'adaptation même si des préconisations peuvent parfois être inscrites sur la notification. Notre MDPH fait cependant preuve d'une très grande vigilance à ce sujet : elle n'hésite pas à pointer les pratiques s'il s'avère que les recommandations de professionnels n'ont pas été suivies d'effets.

La question de l'orientation en ULIS TFM (unité locale pour l'inclusion scolaire accueillant des élèves présentant des troubles des fonctions motrices) qui demeurent peu nombreuses sur le territoire de Seine-et-Marne, ou en SESSAD (service d'éducation spécialisée et de soins à domicile) pour une déficience motrice, peut susciter des débats parfois au sein de notre MDPH concernant la pertinence d'y orienter des jeunes atteints de troubles

dyspraxiques. En Seine-et-Marne, il n'existe par ailleurs pas d'ULIS TSLA (ULIS accueillant des élèves présentant des troubles spécifiques du langage et des apprentissages). Il s'agit d'une spécificité que la Seine-et-Marne partage avec les départements du Val-de-Marne et de Seine-Saint-Denis sur décision académique. Dans certaines académies, de telles ULIS à profil spécifique existent même si elles restent limitées. C'est notamment le cas en Rhône-Alpes-Auvergne. Les élèves avec troubles des fonctions cognitives y compris les troubles spécifiques des apprentissages ou les troubles du spectre autistiques, quand ils sont orientés en ULIS le sont donc en ULIS TFC (troubles des fonctions cognitives). Par ailleurs, compte tenu du manque de place en établissements médico-sociaux, les orientations en institut médico-éducatif (IME) non suivies d'effet font l'objet d'orientations « par défaut », la scolarisation étant un droit. Les associations se plaignent amèrement que les enfants contraints d'attendre une place en IME et le cas échéant orientés par défaut en ULIS, occupent ainsi les places disponibles dans ces dispositifs au détriment selon eux des enfants atteints de troubles des apprentissages, dont les parents souhaitent éviter le mélange avec des enfants trop lourdement atteints.

Concernant la mise à disposition de matériels pédagogiques adaptés, on estime à un an le délai d'attente actuellement en raison du manque de moyens de l'Éducation nationale. Une fois que le matériel est attribué, il l'est en général définitivement.

Évoquons finalement d'autres difficultés auxquelles nous nous trouvons confrontés. La première de ces difficultés est la présence de graphothérapeutes, lesquels « diagnostiquent » des troubles graphomoteurs et « autoprescrivent » une rééducation en incitant les parents à soumettre une demande de financement dans le champ du handicap *via* l'AEEH (allocation d'éducation de l'enfant handicapé). Dois-je vous dire que nous sommes extrêmement vigilants sur le profil de ces graphothérapeutes et que nous n'hésitons pas à écarter toutes les demandes de financement n'émanant pas de professionnels en possession de diplômes reconnus.

La deuxième difficulté concerne des situations avec un diagnostic initial de dyspraxie évoluant à l'adolescence vers un diagnostic de trouble envahissant du développement, comme par exemple un syndrome d'Asperger. Cette deuxième difficulté est autrement plus complexe que la première car elle pose la question d'un diagnostic initial mal étayé, et surtout de réponses mal adaptées tout au long de la scolarité.

Enfin, j'ai le sentiment que les enfants souffrant de troubles dyspraxiques sont de plus en plus nombreux et que des tableaux de multidys incluant des

troubles praxiques remplacent progressivement les tableaux classiques de paralysies cérébrales. Le nombre d'enfants qui souffrent de paralysies cérébrales « classiques » avec diplégies par exemple me semble diminuer, mais je ne dispose pas d'éléments épidémiologiques permettant d'étayer cette impression. Je note toutefois que dans ces tableaux de multidys, on retrouve souvent une histoire périnatale compliquée. Ces situations de multidys posent des problèmes complexes notamment pour l'élaboration de réponses appropriées, d'où l'importance de disposer de diagnostics fonctionnels complets afin de pouvoir véritablement individualiser l'évaluation de ces situations et éviter d'y apporter des réponses « plaquées ».

Annexes

Annexe 1 : Expertise collective Inserm : principes et méthode

Expertise collective Inserm : principes et méthode

L'Expertise collective Inserm¹⁰⁴ a pour mission d'établir un bilan des connaissances scientifiques sur un sujet donné dans le domaine de la santé à partir de l'analyse critique de la littérature scientifique internationale. Elle est réalisée à la demande d'institutions (ministères, organismes d'assurance maladie, agences sanitaires, etc.) souhaitant disposer des données récentes issues de la recherche utiles à leurs processus décisionnels en matière de politique publique.

L'expertise collective est une mission de l'Inserm depuis 1994. Près de quatre-vingts expertises collectives ont été réalisées dans de nombreux domaines de la santé. L'Inserm est garant des conditions dans lesquelles l'expertise est réalisée (pertinence des sources documentaires, qualification et indépendance des experts, transparence du processus) en accord avec sa Charte de l'expertise qui en définit la déontologie¹⁰⁵.

Le Pôle Expertise collective Inserm rattaché à l'Institut thématique Santé publique de l'Inserm assure la coordination scientifique et technique des expertises selon une procédure établie comprenant six étapes principales.

Instruction de la demande du commanditaire

La phase d'instruction permet de préciser la demande avec le commanditaire, de vérifier qu'il existe une littérature scientifique accessible sur la question posée et d'établir un cahier des charges qui définit le cadrage de l'expertise (périmètre et principales thématiques du sujet), sa durée et son budget à travers une convention signée entre le commanditaire et l'Inserm. La

104. Label déposé par l'Inserm

105. https://www.inserm.fr/sites/default/files/media/entity_documents/INSERM_CharteExpertise.pdf

demande du commanditaire est traduite en questions scientifiques qui seront discutées et traitées par les experts.

Constitution d'un fonds documentaire

À partir de l'interrogation des bases de données bibliographiques internationales et du repérage de la littérature grise (rapports institutionnels, etc.), des articles et documents sont sélectionnés en fonction de leur pertinence pour répondre aux questions scientifiques du cahier des charges, puis sont remis aux experts. Ce fonds documentaire est actualisé durant l'expertise et complété par les experts selon leur champ de compétences.

Constitution du groupe multidisciplinaire d'experts

Pour chaque expertise, un groupe d'experts de 10 à 15 personnes est constitué. Sa composition tient compte d'une part des domaines scientifiques requis pour analyser la bibliographie et répondre aux questions posées, et d'autre part de la complémentarité des approches et des disciplines.

Les experts sont choisis dans l'ensemble de la communauté scientifique française et parfois internationale. Ce choix se fonde sur leurs compétences scientifiques attestées par leurs publications dans des revues à comité de lecture et la reconnaissance par leurs pairs. Les experts doivent être indépendants du partenaire commanditaire de l'expertise et de groupes de pression reconnus. Chaque expert doit compléter et signer avant le début de l'expertise une déclaration de lien d'intérêt conservée à l'Inserm.

La composition du groupe d'experts est validée par la Direction de l'Institut thématique Santé publique de l'Inserm.

Le travail des experts dure de 12 à 18 mois selon le volume de littérature à analyser et la complexité du sujet.

Analyse critique de la littérature par les experts

Au cours des réunions d'expertise, chaque expert est amené à présenter son analyse critique de la littérature qui est mise en débat dans le groupe. Cette analyse donne lieu à la rédaction des différents chapitres du rapport d'expertise dont l'articulation et la cohérence d'ensemble font l'objet d'une réflexion collective.

Des personnes extérieures au groupe d'experts peuvent être auditionnées pour apporter une approche ou un point de vue complémentaire. Selon la thématique, des rencontres avec les associations de la société civile peuvent être également organisées par le Pôle Expertise collective afin de prendre connaissance des questions qui les préoccupent et des sources de données dont elles disposent.

Synthèse et recommandations

Une synthèse reprend les points essentiels de l'analyse de la littérature et en dégage les principaux constats et lignes de force.

La plupart des expertises collectives s'accompagnent de recommandations d'action ou de recherche destinées aux décideurs. Les recommandations, formulées par le groupe d'experts, s'appuient sur un argumentaire scientifique issu de l'analyse. L'évaluation de leur faisabilité et de leur acceptabilité sociale n'est généralement pas réalisée dans le cadre de la procédure d'expertise collective. Cette évaluation peut faire l'objet d'un autre type d'expertise.

Publication de l'expertise collective

Après remise au commanditaire, le rapport d'expertise constitué de l'analyse, de la synthèse et des recommandations est publié par l'Inserm.

En accord avec le commanditaire, plusieurs actions de communication peuvent être organisées : communiqué de presse, conférence de presse, colloque ouvert à différents acteurs concernés par le thème de l'expertise (associations de patients, professionnels, chercheurs, institutions, etc.).

Les rapports d'expertise sont disponibles en librairie et sont accessibles sur le site Internet de l'Inserm¹⁰⁶. Par ailleurs, la collection complète est disponible sur iPubli¹⁰⁷, le site d'accès libre aux collections documentaires de l'Inserm.

106. <https://www.inserm.fr/information-en-sante/expertises-collectives>

107. <http://www.ipubli.inserm.fr>

Annexe 2 : Constitution du corpus bibliographique

À partir du cahier des charges de l'expertise et des questions scientifiques correspondantes, une recherche bibliographique a été réalisée pour constituer le corpus bibliographique fourni ensuite aux experts pour analyse. Cette recherche s'est déroulée en plusieurs étapes.

Recherche initiale

La recherche initiale a été réalisée en 2015 et 2016 par la documentaliste par la consultation de bases de données scientifiques grâce à des mots-clés thématiques identifiés en accord avec la coordonnatrice de l'expertise. Les principales bases interrogées en fonction des disciplines concernées sont les suivantes : Pubmed, Web of sciences, Psycinfo, Scopus, Pascal, Eric, Cairn, Francis, Socindex, BDSP.

Les mots-clés correspondant aux thématiques ont été recherchés à la fois sur les descripteurs des articles (correspondant au thesaurus de la base) et directement dans le texte des articles.

Thématiques	Mots-clés
Généralité	"Motor Skills Disorders" OR Dyspraxia OR "Developmental coordination disorders", Clumsy
Définition, classification	Definition, Classification, Terminology, Typology
Épidémiologie	Epidemiology, prevalence
Étiologie, facteur de risque	Etiology, Aetiology, Causality, Genetic Risk factor, Prematurity, Environmental exposure
Comorbidités, Co-occurrences	Co-occurring disorders, comorbidity Dysphasia, Dyslexia, Attention Deficit Disorder, ADHD, dysgraphia « developmental verbal dyspraxia », apraxia of speech, Language disorders Mental disorders, Self-injurious behaviors, Depression, Anxiety
Diagnostic	Diagnosis, Screening, Prognosis
Évaluation des déficiences et compétences	« Evaluation, Assessment, Measurement, Judgment » OR « Task Performance and Analysis » Psychometric test, Questionnaires ; Test Reliability, Test Validity, Scales

Fonctions sensori-motrices	Kinematic, «biomechanical phenomena », gait, Postural balance, motor coordination Audition, Auditory spatial organization spatial attention, Perceptual Distortion, « Perceptual Motor Processes », « Perceptual motor coordination », « Perceptual motor developmental », « Visuospatial Ability », Perception texte
Fonctions cognitives	Cognition, Perception, Cognitive ability, Cognitive development, Cognitive Processes, Metacognition Executive function, Memory, « Short Term Memory », « working memory » Cognitive models Dual task
Mécanismes neurobiologiques	« Nervous System Disorders », « Neurological disorder », « Psychomotor disorder », « Neural Network », « Neuronal Plasticity », « Synaptic Transmission », cerebellum, prefrontal, striatum, Limbic system, adducing. « Mental Processes/physiology » Imagery, MRI, Tomography, *imaging, fMRI, EEG
Activité, Vie quotidienne	(Daily AND (activit* OR task OR living) Leisure
Qualité de vie	Quality of life, life satisfaction, Well being
Sociabilité	Social skill, Adaptative behaviour, social inclusion, social interaction, participation, Socialization, behaviour*, aggressive, bullying, Self concept, self esteem, self regulation, self regulatory
Remédiation	Remediation, intervention, « Rehabilitation », Reeducation Cognitive therapy, Occupational therapy, task-oriented approach, Physical therapy, Kinesiology, « exercise intervention », Training, fitness Perceptual motor program, Sensory motor therapy, Sensory integration therapy « Virtual reality », Visual, optometric, visio, « eye training », visuomotor « speech therapy »
Mécanisme des apprentissages	Procedural learning, motor-skill learning, Perceptual Motor Learning
Apprentissage et prise en charge scolaire	Learning OR teaching Reading, writing, semantic, orthographic, literacy, Mathematic*, arithmetic, numeracy, geometry Special education, inclusion, compensation, Assistive technology education, « educational practice », « evidence-based », « evidence-based practices » School environment, School Based Intervention
Prise en charge	Management, accommodation, Needs, Therapists, Therapist Characteristics, Physiotherapist, Psycho-motor therapist, occupational therapist Parent*, famil*, mother* Employment OR work* OR professional
Prise en charge médicamenteuse	Drug therapy, Methylphenidate, Fatty acid

La période de recherche s'est effectuée sur les articles publiés lors des 10 dernières années (sauf pour certaines thématiques spécifiques comme notamment les définitions pour lesquelles la période a été allongée).

Une première sélection des articles a été réalisée par la documentaliste directement dans les bases interrogées pour éliminer le bruit rapporté par les requêtes, c'est-à-dire les articles hors-sujet.

Tous les articles retenus ont ensuite été référencés et indexés dans le logiciel *Référence Manager*.

Affinement du corpus et répartition aux experts

La coordonnatrice de l'expertise a lu les résumés des articles identifiés pour vérifier qu'ils traitaient bien du sujet, et les a acceptés le cas échéant. 185 articles ont été rejetés car ils ne traitaient pas du sujet. Elle a aussi validé la 1^{re} indexation ou en a proposé une nouvelle, qui a été discutée avec la documentaliste, avant validation.

La recherche initiale a par ailleurs été complétée par une recherche plus précise sur certains points mis en avant lors de la 1^{re} recherche, par la lecture de documents de référence ou par la réalisation d'une bibliographie secondaire grâce à l'identification d'articles importants dans le domaine.

Des rapports institutionnels et d'autres documents de littérature grise ont également été repérés (sans prétention à l'exhaustivité) sur divers sites¹⁰⁸ car ils apportaient des éléments complémentaires aux publications académiques.

Cette étape a abouti à une base bibliographique structurée en fonction des thématiques de l'expertise, constituée de 1081 articles retenus, dont 41 documents autres. Les articles ont été récupérés puis répartis aux experts du groupe en fonction de leur indexation.

108. Par exemple les sites internet de : *European Academy of Childhood Disability*, *Center for International Rehabilitation, Research Information and Exchange*, *European Agency for Development in Special Needs Education*, *CanChild Centre for Childhood Disability Research*, *National Rehabilitation Information Center*, *The International Center for Disability Resources on the Internet*, Caisse Nationale de Solidarité pour l'Autonomie, Ministère des affaires sociales et de la santé sur le handicap, Institut Fédératif de Recherche sur le Handicap, Fondation Internationale de la Recherche Appliquée sur le Handicap, Portail d'information des maisons départementales des personnes handicapées MDPH, etc.

Mise à jour au fil de l'expertise

Une veille bibliographique a été mise en place jusqu'à la rédaction de l'ouvrage (de septembre 2016 à décembre 2017). Au cours de cette période 273 articles supplémentaires ont été retenus et distribués aux experts.

En parallèle, chaque expert a aussi pu compléter la bibliographie qui lui avait été attribuée par d'autres articles.

EXPERTISE COLLECTIVE

Trouble développemental de la coordination ou dyspraxie

Chez l'enfant, le trouble développemental de la coordination (TDC), ou dyspraxie, est un trouble fréquent se manifestant principalement dans des habiletés gestuelles, et se traduisant souvent par des difficultés d'apprentissage à l'école ainsi que par des limitations dans d'autres activités de la vie quotidienne.

Le trouble développemental de la coordination recouvre une grande hétérogénéité, en termes de sévérité mais aussi de forme du trouble, tant au niveau des déficiences et compétences fonctionnelles que des répercussions qui peuvent être importantes sur les activités, la participation sociale et la qualité de vie de l'enfant et sur sa vie à l'âge adulte.

Un enjeu majeur est d'établir pour chaque individu une prise en charge et un accompagnement personnalisés et performants. Ce qui nécessite un diagnostic précis et un parcours de santé adapté pour favoriser l'autonomie, l'inclusion et la qualité de vie de ces personnes.

Cette expertise collective, sollicitée par la Caisse nationale de solidarité pour l'autonomie, dresse un bilan des connaissances issues des recherches internationales sur le trouble développemental de la coordination. Le groupe d'experts pluridisciplinaire propose des recommandations d'actions et de recherches dans la perspective d'améliorer le diagnostic, la prise en charge, la scolarisation, la participation sociale et le bien-être des personnes concernées et de leur entourage.

Prix : 65 €
ISBN 978-2-7598-2400-7
ISSN 1264-1782

inserm.fr



Avec le soutien de la
Caisse nationale de
solidarité pour l'autonomie

